

Tielaitos

Pekka Vallius

Viipurin batoliitin eri rapakivityyppien soveltuvuus tienpäällystekiviaineeksi



**Tielaitoksen
tutkimuksia**

3/1992

Kouvola 1992

Kymen tiepiiri

Tielaitoksen tutkimuksia
3/1992

Pekka Vallius

**Viipurin batoliitin eri rapakivityyppien
soveltuvuus tienpäälystekivivaikeaksi**

Tielaitos
Kymen tiepiiri

Kouvola 1992

ISBN 951-47-6517-6
ISSN 0788-3706
TIEL 3100004
Painatuskeskus Oy
Helsinki 1993

Julkaisua myy
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,
painotuotemyynti
Telefax (90) 1487 2652

Tielaitos

Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721

Kymen tiepiiri
Kauppamiehenkatu 4
PL 13
45101 KOUVOLA
Puh. vaihde (951) 2761

Vallius Pekka: Viipurin batoliitin eri rapakivityyppien soveltuvuus tienpäällystekiviaineeksi, 1992, Helsinki: Tiehallitus. Tielaitoksen tutkimuksia 3/1992, 89 s. + liite. TIEL 310 0004.

Asiasanat Viipurin batoliitti, rapakivi, tienpäällystekiviaines

TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa on selvitetty Los Angeles-, haurausarvo-, hioutuvuus- ja pistekuormituskokeiden avulla Viipurin batoliitin eri rapakivityyppien laatuluokat ja siten soveltuvuus tienpäällystekiviaineeksi. Lisäksi polarisaatiomikroskoopin avulla on selvitetty tutkittavien kiviainesten lujuuteen ja kulutuskestävyyteen vaikuttavia petrografisia tekijöitä. Tutkimusta varten kartoitettiin noin 600 kallioaluetta, joista laboratoriotutkimuksia varten otettiin 77 näytettä.

Viipurin rapakivibatoliitin Suomen puoleinen osa koostuu pääasiassa (noin 90 %) porfyirisistä rapakivimuunnoksista. Eri rapakivityypit eroavat toisistaan pääasiassa tekstuurekijöiden ja mineraalikoostumuksen suhteen. Rapakivien tärkein tekstuurekijä on raekoko. Rapakivien lujuuteen ja kulutuskestävyyteen vaikuttavista mineraaleista tärkein on kvartsi, varsinkin hienorakeinen kvartsi, joka on yleinen useissa biotiittirapakivissä, porfyriapliiteissa ja Jaalan - litin hybridisessä sarvivälkerapakivessä.

Viipurin batoliitin alueella olevien valtateiden yhteispituus on 404 km. Hyvin vilkasliikenteisiä teitä on 32 km. Tämän liikennemäärän omaava tiestö vaatii päällystekiviaineeksi A- laatuluokan kiviaineksen, jota esiintyy Viipurin batoliitin alueella vain Jaalan - litin sarvivälkerapakiven yhteydessä.

Vilkasliikenteisiä valtateitä on 222 km:n matkalla. Tämän liikennemäärän omaava tiestö vaatii päällystekiviaineeksi vähintään I-laatuluokan kiviaineksen. Tämän laatuluokan omaavia, murskaukseen sopivia rapakivityyppejä löytyy jo useampia: sarvivälkerapakivi, porfyriapliitti, tasarakeinen biotiittirapakivi, tumma viborgiitti ja tumma tasarakeinen rapakivi. Muille valtateille päällysteisiin käytettävien murskeiden vähimmäislaatuluokka on II. Alle 10 % Viipurin batoliitin kalliokiviaineksestä soveltuu valtateiden päällystekiviaineeksi.

Vallius Pekka: Suitability of the different Wiborg batholith rapakivi types to asphalt concrete pavements, 1992, Helsinki: Finnish National Road Administration. Research Report 3/1992, 89 p., 1 app. TIEL 310 0004.

Key words Wiborg batholith, rapakivi, mineral aggregate of asphalt concrete pavements

ABSTRACT

This research is made to find out the quality classes of the different Wiborg batholith rapakivi types and their suitability to asphalt concrete pavements by Los Angeles, Swedish impact, abrasion and point load tests. Besides that, the petrographic factors, which effect to the strength and wearing resistance of the studied mineral aggregates, have been determined by using a polarizing microscope. About 600 bedrock areas were surveyed for this research and 77 specimens were taken for laboratory tests.

The predominant part (almost 90 %) of the Wiborg batholith rapakivi granites on the Finnish side are coarse-grained porphyritic rocks. The varieties of rapakivi granites differ from each other mainly in textural features and in mineralogical composition. The most important textural feature is the grain size. The most important mineral acting on the strength and wearing resistance of rapakivi is quartz, especially the fine grained quartz which is common in many even-grained biotite rapakivi, porphyry aplite and in the hybridic hornblende rapakivi of Jaala - litti.

Within the Wiborg batholith area the main roads (I class) have an overall length of 404 km. Some 32 km of the main roads carry very heavy traffic. The road network with this very heavy traffic requires that the asphalt concrete pavement material is of the quality class A of mineral aggregate, which occurs in Wiborg batholith area only within hornblende rapakivi of Jaala - litti.

222 km of the main roads carry heavy traffic. The road network with this heavy traffic requires that the asphalt concrete pavement material is at least of the quality class I of mineral aggregate. Rapakivi varieties of this quality class, suitable for crushing, are found more: hornblende rapakivi, porphyry aplite, even-grained biotite rapakivi, dark-coloured wiborgite and dark-coloured, even-grained rapakivi. The minimum quality class of crushed rock for other main roads is the class II. Less than 10 % of the bedrock of Wiborg batholith area is suitable for asphalt concrete pavements.

ALKUSANAT

Kalliomurskeiden käyttö tienrakennusmateriaalina on lisääntynyt viime vuosina huomattavasti. Vuonna 1985 Kymen tiepiirin käyttöön murskatusta kiviaineksesta kalliomurskeiden osuus oli vain noin 20 %, mutta vuonna 1990 jo peräti 65 %. Kymen tiepiirissä toimiva DI Juha Kosonen oli jo 1970-luvun lopulla korostanut kalliotutkimusten merkityksestä, jotta tienrakennusmateriaalien ja varsinkin päällysteiden laatua voitaisiin parantaa.

Vuonna 1986 silloinen Kymen tie- ja vesirakennuspiiri päätti palkata opintojensa loppuvaiheessa olevan geologian opiskelijan kartoittamaan ja selvittämään piirin alueen kallioainesten soveltuvuutta tienrakennusmateriaaliksi, varsinkin tienpäällystekiviaineeksi. Allekirjoittaneen toimesta kallioiden kartoitusta ja näytteiden tutkimusta suoritettiin pääasiassa vuosina 1986-89, jonka tuloksena kartoitettiin noin 650 kallioaluetta. Tutkimuksen painopistealueet sijaitsivat piirin keski- ja länsiosassa ja siten lähes kaikki kartoitetut kallioalueet (noin 600 kpl) sijaitsevat Viipurin rapakivibatoliitin alueella. Tätä tutkimusta edeltävänä on kirjoitettu selvitykset:

Vallius, P., 1989. Tienpäällystekiviaineeksi soveltuvien kallioalueiden etsintä ja näytteenotto sekä kiviaineksen kulutuskestävyys. Julkaisematon sivulaudaturtutkielma. Geologian laitos, Helsingin yliopisto. 31 s.

Vallius, P., 1991. The suitability of the different rapakivi types from the Wiborg rapakivi batholith to asphalt concrete pavements. In I. Haapala & O.T. Rämö (Editors), Symposium on Rapakivi granites and related rocks abstract volume. Geological Survey of Finland, Guide 34, 55.

Suurimmat kiitokset haluan osoittaa Kymen tiepiirissä piiri-insinööri Ville Mäkelälle ja DI Juha Kososelle. He mahdollistivat taloudellisesti tämän tutkimuksen suorittamisen. Haluan myös kiittää Helsingin yliopiston Geologian laitoksen prof. Ilmari Haapalaa tutkimuksen ohjaamisesta. Laboratorion esimies, fil.lis. Martti Eerolan ansiosta osa tutkimuksen näytteistä voitiin analysoida Tiehallituksen Geopalvelukeskuksen laboratoriossa. Tähän tutkimukseen liittyen olen lisäksi saanut hyviä neuvoja Geopalvelukeskuksen geologilta, fil.lis. Kari Lappalaiselta.

Kouvolassa 16.10.1991 Pekka Vallius

Sisältö

1	JOHDANTO	11
2	LUJUUTEEN JA KULUTUSKESTÄVYYTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	14
2.1	Kiviaineksen mineraalikoostumus	14
2.2	Kiviaineksen rikkonaisuus	14
2.3	Kiviaineksen kemiallinen rapautuneisuus	15
2.4	Mineraalien raekoko	15
2.5	Mineraalien yhteenliittyminen	16
2.6	Mineraalien keskinäinen ryhmittäminen	16
3	LUJUUDEN JA KULUTUSKESTÄVYYDEN MÄÄRITYSMENETELMÄT	16
3.1	Kiviaineksen kiintotiheys	16
3.2	Kivirakeiden muoto	17
3.3	Los Angeles -koe	17
3.4	Haurausarvokoe	18
3.5	Hioutuvuuskoe	19
3.6	Pistekuormituskoe	20
3.7	Mikroskooppitutkimukset	21
3.8	Muita menetelmiä	22
4	RAPAKIVITYYPPIEN PETROGRAFINEN KUVAUS	22
4.1	Yleistä	22
4.2	Viborgiitti	26
4.3	Tumma viborgiitti	29
4.4	Pyterliitti	32
4.5	Porfyyrinen rapakivigraniitti	33
4.6	Tasarakeinen biotiittirapakivi	36
4.7	Kymin harmaa rapakivi	39
4.8	Sarvivälkerapakivi	39
4.9	Tumma tasarakeinen rapakivi	43
4.10	Porfyryripliitti	44
4.11	Kvartsiporfyryri	46
5	RAPAKIVITYYPPIEN TEKNISET OMINAISUUDET	48
5.1	Yleistä	48
5.2	Kiintotiheys	50
5.3	Muotoarvo	51
5.4	Los Angeles -luku	55
5.5	Parannettu haurausarvo	62
5.6	Hioutuvuusluku	65
5.7	Pistekuormitusindeksi	72

6 JOHTOPÄÄTÖKSET	75
7 YHTEENVETO	83
8 KIRJALLISUUSLUETTELO	85
LIITE	90

KUVALUETTELO

1	Tutkimusalue	12
2	Kymen tiepiirin Keskuslaboratoriossa oleva Los Angeles -mylly	18
3	Tiehallituksen Geopalvelukeskuksen laboratoriossa oleva haurausarvolaite	19
4	Tiehallituksen Geopalvelukeskuksen laboratoriossa oleva hioutuvuuslaite	20
5	Kymen tiepiirin Keskuslaboratoriossa oleva pistekuormituslaite	21
6	Viipurin batoliitissa sekä Ahveniston ja Suomenniemen batoliiteissa olevat sulkeumat	23
7	Viborgiitti, Taina, Luumäki (tutkimuspiste nro 11)	27
8	Viborgiitti, Vehkivuori, Kotka (tutkimuspiste nro 3)	29
9	Viborgiitti, Aittovuori, Luumäki (tutkimuspiste nro 8)	30
10	Tumma viborgiitti, Kivistenmäki, Iitti (tutkimuspiste nro 17)	32
11	Pyterliitti, Ristinkallio, Pyhtää (tutkimuspiste nro 22)	34
12	Porfyyrinen rapakivigraniitti, Talpionmäki, Lappeenranta (tutkimuspiste nro 29)	35
13	Tasarakeinen biotiittirapakivi, Takamaan kallioalue, Anjalankoski (tutkimuspiste nro 34)	38
14	Kymin harmaa rapakivi, Kivimäki, Kotka (tutkimuspiste nro 47)	40
15	Sarvivälkerapakivi, Väinänpäänmäki, Lappeenranta (tutkimuspiste nro 53)	41
16	Sarvivälkerapakivi, Lokonmäki, Iitti (tutkimuspiste nro 48)	43
17	Tumma tasarakeinen rapakivi, Kivelä, Ylämaa (tutkimuspiste nro 63)	45
18	Porfyryripliitti, Paskomäki, Virolahti (tutkimuspiste nro 67)	46
19	Kvartsiporfyryri, Kärenkulma, Hamina (tutkimuspiste nro 68)	47

TAULUKKOLUETTELO

1	Viipurin batoliitin alueella olevan yleisen tiestön pituus (km) ja liikennemäärät, sekä näiden prosenttiosuus koko Kymen ja Uudenmaan tiepiirien tiestöstä	12
2	Rapakivimuunnosten levinneisyys Viipurin batoliitin Suomen puoleisella alueella	24
3	Murskeiden lujuusluokat ja niiden vaatimusrajat	49
4	Murskeiden muotoluokat ja niiden vaatimusrajat	49
5	Päälysteisiin käytettävien murskeiden vähimmäislaatulokat	50
6	Tutkittujen rapakivinäytteiden (77 kpl) kiintotiheyksien jakautuma eri rapakivityyppien suhteen	51
7	Porfyyrysten rapakivien muotoarvomääritysten tulokset ja muotoluokat	52
8	Tasarakeisten biotiittirapakivien, Kymin harmaa rapakiven, porfyriapliittien ja kvartsiporfyyrin muotoarvomääritysten tulokset ja muotoluokat	53
9	Sarvivälkerapakivien ja tummien tasarakeisten rapakivien muotoarvomääritysten tulokset ja muotoluokat	54
10	Porfyyrysten rapakivien Los Angeles- ja haurausarvokokeiden tulokset ja lujuusluokat	57
11	Tasarakeisten biotiittirapakivien, Kymin harmaa rapakiven, porfyriapliittien ja kvartsiporfyyrin Los Angeles- ja haurausarvokokeiden tulokset ja lujuusluokat	59
12	Sarvivälkerapakivien ja tummien tasarakeisten rapakivien Los Angeles- ja haurausarvokokeiden tulokset ja lujuusluokat	61
13	Tutkittujen kiviainesten Los Angeles- ja haurausarvokokeiden tulosten lujuusluokkavertailu	64
14	Virheellisen murskaustavan vaikutus kiviaineksen Los Angeles- ja haurausarvokokeiden sekä muotoarvomääritysten tuloksiin	65
15	Porfyyrysten rapakivien hioutuvuus- ja pistekuormitus- kokeiden tulokset ja lujuusluokat	67

16	Tasarakeisten biotiittirapakivien, Kymin harmaa rapakiven, porfyriapliittien ja kvartsiporfyyrin hioutuvuus- ja pistekuormituskokeiden tulokset ja lujuusluokat	69
17	Sarvivälkerapakivien ja tummien tasarakeisten rapakivien hioutuvuus- ja pistekuormituskokeiden tulokset ja lujuusluokat	71
18	Porfyyristen rapakivien laatuluokat	77
19	Tasarakeisten biotiittirapakivien, Kymin harmaa rapakiven, porfyriapliittien ja kvartsiporfyyrin laatuluokat	80
20	Sarvivälkerapakivien ja tummien tasarakeisten rapakivien laatuluokat	81

1 JOHDANTO

Suomen rapakivigraniitteja koskevat tutkimukset ovat perinteisesti keskittyneet petrologisiin, mineralogisiin, geokemiallisiin ja metallogeneettisiin kysymyksiin (esim. Sederholm 1891; Wahl 1925; Sahama 1945; Savolahti 1962; Vormaa 1971, 1972, 1975; Haapala 1977a, 1977b; Vaasjoki 1977; Rämö 1991). Rapakivigraniitit ovat 1800-luvulta alkaen olleet hyvin suosittuja rakennuskiviä, ja viime vuosina onkin tehty verraten laajoja selvityksiä rapakivigraniiteista teollisuuskivinä (Kymenlaakson seutukaavaliitto & Etelä-Karjalan seutukaavaliitto 1989; Etelä-Karjalan seutukaavaliitto & Kymenlaakson seutukaavaliitto 1990). Näissä tutkimuksissa on selvitetty paitsi rapakivigraniittien soveltuvuutta rakennuskiviksi myös niiden soveltuvuutta kivimurskeeksi.

Suomen maankamaran kiviainesten ominaisuuksia ja soveltuvuutta tienpäälystekiviaineeksi on tutkinut laajasti Kauranne (1970a, 1970b). Hänen tutkimuksensa perustui Tie- ja vesirakennushallituksen laboratorioon vuosina 1961-68 eri puolelta Suomea lähetetyn yli 5000 sora- ja kallionäytteen analysointiin.

Suomessa käynnistyi vuonna 1987 laaja asfalttipäälysteiden tutkimusohjelma (ASTO), jonka on määrä valmistua vuonna 1992. ASTO -projekti keskittyy ensisijaisesti kiviaineksen ja sideaineksen ominaisuuksiin, bitumin erilaisiin lisäaineisiin, sekä massan sekoitukseen, levitykseen ja tiivistykseen. Tutkimus tähtää ensisijaisesti päälysteiden kulutuskestävyyden lisäämiseen. Tutkimuksesta vastaavat pääasiassa VTT, Tiehallitus, tiepiirit sekä alan korkeakoulut.

Tämän tutkimuksen tutkimusalue käsittää Viipurin batoliitin Suomen puoleisen alueen, jonka manneralueen pinta-ala on noin 8500 km². Valtaosa alueesta (noin 7400 km²) sijaitsee Kymen tiepiirin (= Kymen läänin) alueella ja läntisin osa (noin 1100 km²) Uudenmaan tiepiirin (= Uudenmaan läänin) alueella. Kuvassa 1 on esitetty tutkimusalueen sijainti.

Koko Uudenmaan tiepiirin alueen tiestön yhteispituus on 4921 km ja tästä Viipurin batoliitin alueella on 449 km. Kymen tiepiirin alaisen yleisen tiestön pituus on 4112 km, josta suurin osa, 2491 km, sijaitsee Viipurin batoliitin alueella. Kymen tiepiirin alueella olevista vilkasliikenteisistä valtateistä, joilla keskivuorokausiliikenne (KVL) on yli 5000 ajoneuvoa vuorokaudessa, yli 80 % on Viipurin batoliitin alueella (taulukko 1, sivulla 12).

Kymen tiepiirin alaisesta tiestöstä on Viipurin batoliitin alueella kaikkein vilkkammin liikennöityjä teitä (KVL yli 10 000) noin 34 km. Kuvasta 1 (sivu 13) voidaan havaita, että nämä, pääasiassa valtatie, sijaitsevat Kotkan - Karhulan - Haminan alueella sekä Kouvolan ja Lappeenrannan alueilla.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Viipurin batoliitin Suomen puoleisella alueella esiintyvien eri rapakivityyppien soveltuvuutta tienpäälystekiviaineeksi. Lisäksi on tarkoitus suorittaa tutkimusalueen osalta alueellinen tarkastelu päälystekiviainesten saatavuudesta sekä tuoda esiin ns. puutealueet.

Taulukko 1. Viipurin batoliitin alueella olevan yleisen tiestön pituus (km) ja liikennemäärät, sekä näiden prosenttiosuus koko Kymen ja Uudenmaan tiepiirien tiestöstä (kts. kuva 1).

Table 1. Length of public roads (km) and average daily traffic volume (ADT automobiles) in the Wiborg batholith, and their percentage of the whole public road length in Kymi and Uusimaa Districts. See fig. 1.

Kymen tiepiiri (Kymi District)

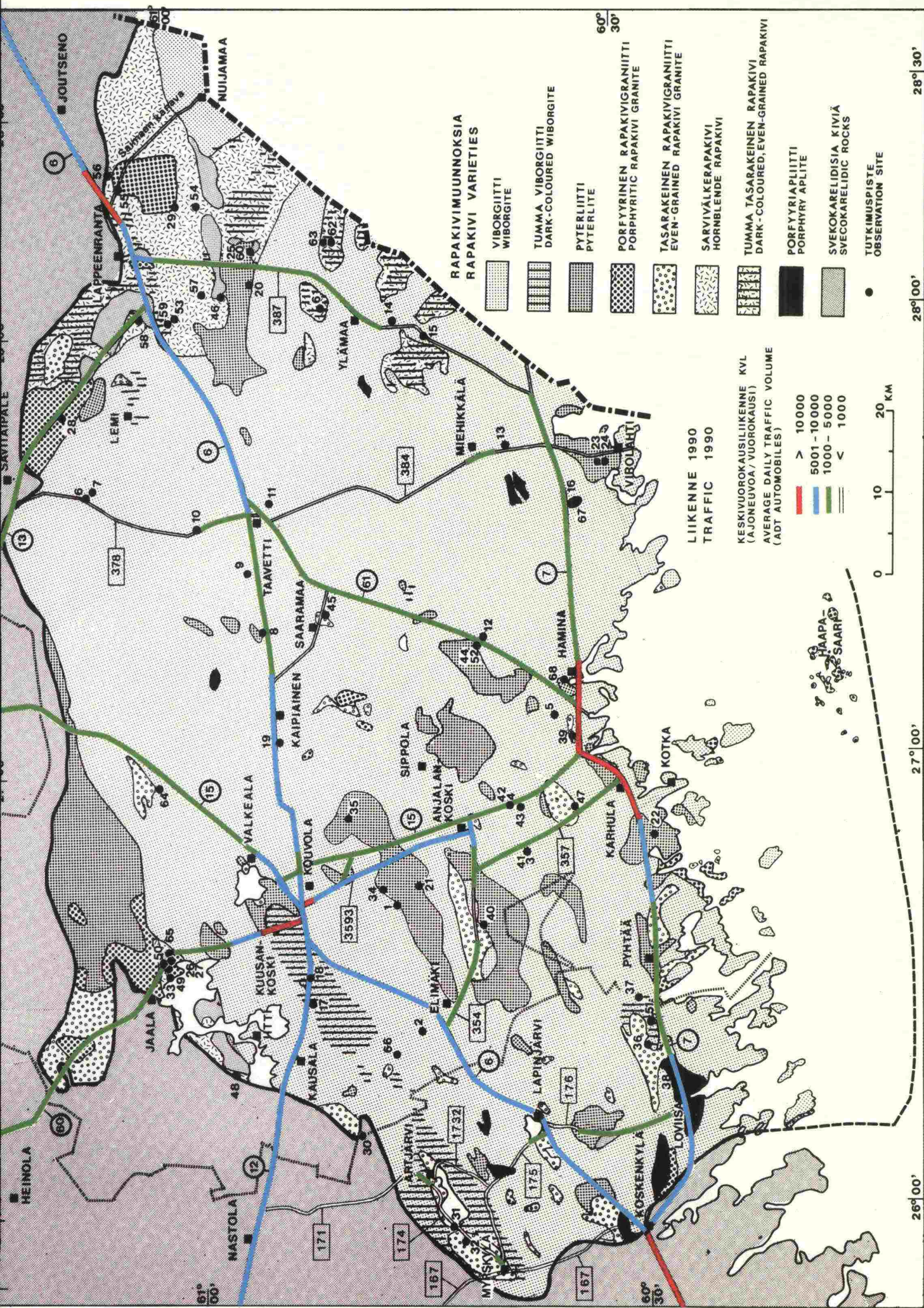
KVL-90	Valtatiet (Vt)		Kantatiet (Kt)		Muut maantiet (Mt)		Paikallistiet (Pt)	
	km	%	km	%	km	%	km	%
ADT auto-mobiles	Main roads (I class)		Main roads (II class)		Other highways		Local roads	
>10 000	32	(82)	1	(100)	1	(100)	-	
5 001-10 000	165	(88)	-		16	(70)	-	
1 000-5 000	133	(45)	51	(51)	253	(87)	44	(60)
<1 000	12	(80)	7	(33)	560	(49)	1 216	(63)
Yhteensä	342	(64)	59	48	830	(57)	1 260	(63)
Total								

Uudenmaan tiepiiri (Uusimaa District)

KVL-90	Valtatiet (Vt)		Kantatiet (Kt)		Muut maantiet (Mt)		Paikallistiet (Pt)	
	km	%	km	%	km	%	km	%
ADT auto-mobiles	Main roads (I class)		Main roads (II class)		Other highways		Local roads	
>10 000	-		-		-		-	
5 001-10 000	57	(41)	-		4	(3)	-	
1 000-5 000	5	(42)	-		30	(4)	4	(1)
<1 000	-		-		163	(18)	186	(10)
Yhteensä	62	(16)	-		197	(10)	190	(8)
Total								

Kuva 1. Tutkimusalue. Karttaan on merkitty Viipurin batoliitin alueella esiintyvät rapakivimuunnokset, tutkimuspisteet, sekä päätieverkosto ja liikennemäärät. Kallioperäkartta perustuu 1:400 000 kallioperäkarttoihin: Mikkeli (Frosterus 1900), Savonlinna (Hackman & Berghell 1931) ja Helsinki (Härme 1980a), sekä P. Valliuksen (1992) maastohavaintoihin. Tiestön liikennemäärät on selvittänyt Kymen- ja Uudenmaan tiepiirit (KVL-90).

Fig. 1. The map shows different rapakivi types, observation sites, main roads and average daily traffic volume in the Wiborg batholith. The bedrock map is based on Frosterus (1900), Hackman & Berghell (1931) and Härme (1980a) bedrock maps and Vallius (1992) field observations. The traffic volume is calculated by Kymi and Uusimaa Districts of Finnish National Road Administration (1990).



Tutkimuksen alkuosassa selostetaan lyhyesti kiviaineksen lujuuteen ja kulutuskestävyyteen vaikuttavia tekijöitä, sekä näiden ominaisuuksien määrittämenetelmiä. Varsinaisessa tutkimusosassa selvitetään tutkimusaineiston perusteella eri rapakivityyppien mineralogialla ja tekstuuritekijöitä, sekä tutkimuspistekohtaisia erityispiirteitä. Petrografisen kuvauksen jälkeen selvitetään rapakivityyppien teknisiä ominaisuuksia.

Tutkimus perustuu kirjoittajan suorittamaan kallioperäkartoitukseen Viipurin batoliitin alueella vuosina 1986-1989. Kartoitustyössä oli apuna alueen 1:100 000 mittakaavaiset kallioperäkartat. Tutkimuksen tuloksena kartoitettiin noin 600 kallioaluetta, joista jatkotutkimuksia varten otettiin noin 100 alueelta näytteet. Kaikista näytteistä tehtiin ohuthiet mikroskooppitutkimuksia varten. Lisäksi näytteille tehtiin Kymen tiepiirin Keskuslaboratoriossa ja Tiehallituksen Geopalvelukeskuksessa seuraavat kokeet ja määritykset: kiintotiheys, muotoarvo, Los Angeles -koe, haurausarvokoe, hioutuvuuskoe. Osasta näytteitä suoritettiin lisäksi pistekuormituskokeet.

2 LUJUUTEEN JA KULUTUSKESTÄVYYTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tärkeimmät kiviaineksen lujuuteen ja kulutuskestävyyteen vaikuttavat tekijät ovat kiviaineksen mineraalikoostumus, kiviaineksen rikkonaisuus ja rapautuneisuus sekä kiviaineksen tekstuuritekijät (mineraalien raekoko, yhteenliittyminen ja keskinäinen ryhmittäminen).

2.1 Kiviaineksen mineraalikoostumus

Kiviaineksen mineraalikoostumus vaikuttaa keskeisesti mm. kiviaineksen mekaaniseen lujuuteen, koska eri mineraaleilla on toisistaan huomattavasti poikkeavat fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. Parhaiten soveltuvat tienpäälystekiviaineeksi sellaiset kivilajit, jotka koostuvat kovista, raaputusta hyvin kestävästä mineraaleista, kuten kvartsi ja maasälvät. Iskunkestävyyden kannalta kiviaineksessa tulisi olla kuitenkin kovien mineraalien joukossa tasaisesti myös pieni määrä pehmeämpiä ja sitkeämpiä mineraaleja, kuten amfiboleja, pyrokseeneja ja kiilteitä (Kauranne 1970b).

Koska kiviaineksen kulutuskestävyys riippuu mineraalikoostumuksen lisäksi oleellisesti kiviaineksen tekstuuritekijöistä, ei kiviaineksen kulutuskestävyyttä voida määrittää pelkästään mineraalikoostumuksen ja kivilajin nimen perusteella. Siten tienpäälystekiviaineeksi soveltuvia kivityyppejä on löydettävissä useista magma- sekä metamorfisista kivilajeista. Tällaisia ovat esim. gabro, dioriitti, graniitti, rapakivi, gneissi, vulkaniitti, diabaasi ja kvartsiitti.

2.2 Kiviaineksen rikkonaisuus

Kiviaineksen rikkonaisuus ilmenee runsaana rakojen ja mikrorakojen määränä, sekä usein runsaasta rakoilusta johtuen kiven rapautuneisuutena. Kallio on

rikkoutunut pääasiassa kallioperän liikuntojen seurauksena. Liikunnoissa kallio on murtunut, ruhjoutunut ja hiertynyt ja siten on muodostunut kallioperään heikkousvyöhykkeitä (Korhonen et al. 1974).

Kiviaineksen lujuuteen ja kulutuskestävyyteen kiviaineksen rikkonaisuus vaikuttaa selvästi, sillä kuormituksessa rakeja ja mikrorakeja sisältävät rikkonaiset kivikappaleet rikkoutuvat ehjiä kappaleita helpommin. Myös tienpäälysteissä rikkonaiset kivirakeet irtoavat ja kuluvat ehjiä kivirakeita nopeammin.

2.3 Kiviaineksen kemiallinen rapautuneisuus

Kiviaineksen kemiallinen rapautuminen heikentää kiven lujuutta, koska rapautuessa mineraalit muuttuvat toisiksi mineraaleiksi, jotka usein ovat lujuudeltaan heikompia. Muuttumista esiintyy erityisesti rakeiden reunoilla, mikä on omiaan heikentämään rakeiden yhteenliittymistä. Lisäksi kivistä liukenee vähitellen pois helposti liukenevia alkuaineita ja mineraaleja (Korhonen et al. 1974, Uusinoka 1983). Kiviaineksista täytyy mikroskooppitutkimuksen avulla huomioida varsinkin maasälpien, kiilteiden ja amfibolin muuttuneisuus. Jos kiviaines on selvästi kemiallisesti rapautunutta, se ei sovellu päälystekiviaineeksi (Uusinoka et al. 1990).

Kemialliselle rapautumiselle ovat herkkiä myös kaikki sulfidimalmimineraalit, esim. magneettikiisu, kuparikiisu, rikkikiisu, sinkkivälke ja lyijyhohde (Kauranne et al. 1972). Jos sulfidimineraalit esiintyvät kivessä hienona, tasaisena pirotteena, rapautuvat tällaiset kivet helpommin kuin kivet, joissa sulfidimineraalit ovat harvoina, suurina rakeina (Korhonen et al. 1974). Suomen olosuhteissa kemiallinen rapautuminen on kuitenkin siksi hidasta, että sen vaikutukset eivät yleensä 5-10 vuodessa tule näkyviin (Uusinoka 1988).

2.4 Mineraalien raekoko

Kiviaineksen tekstuuritekijöihin kuuluvista seikoista mineraalien raekoko vaikuttaa selvästi kiven lujuuteen ja kulutuskestävyyteen. Karkearakeisilla kivillä yksittäisten mineraalirakeiden väliset kitka- ja koheesiopinnat ja siten myös kitka- ja koheesiovoimat ovat pienemmät kuin pienirakeisilla kivillä. Karkearakeiset kiviainekset ovat siten lujuudeltaan heikompia kuin pienirakeiset kivet (Kauranne et al. 1972).

Mineraalien raekoko vaikuttaa kiviaineksen lujuuden ohella myös murskauksessa saatavan kiviaineksen rakeisuuteen. Lujista, tiiveistä, hienorakeisista kiviaineksista muodostuu murskauksessa paljon hienoja lajitteita, sillä kivi rikkoutuu helposti monomineraaliasteelle, mutta tätä hienommaksi huomattavasti vaikeammin. Murskaustuotteen rakeisuuteen vaikuttaa mineraalien raekoon lisäksi myös kiven rakenne, murskaimen tyyppi ja sen asetus (Lappalainen 1987).

2.5 Mineraalien yhteenliittyminen

Kiveä muodostavien mineraalien raemuoto (kidemuoto) vaikuttaa mineraalien yhteenliittymiseen ja sitä kautta koko kiven lujuuteen. Yleensä kivet, joissa on runsaasti suorilla tai pyöreillä raepinnoilla toisiinsa liittyneitä mineraaleja ovat heikompia kuin epämääräisen muotoisilla tai hampaallisilla raepinnoilla toisiinsa liittyneistä mineraaleista koostuvat kivet (Kauranne 1970b).

2.6 Mineraalien keskinäinen ryhmittyminen

Kiven lujuuteen ja kulutuskestävyyteen vaikuttaa myös kivessä olevien mineraalien ryhmittyminen, koska erilaisilta fysikaalisilta ominaisuuksiltaan toisistaan poikkeavat mineraalit voivat ryhminä ja vyöhykkeinä muodostaa kiveen heikkouskohtia, joista kivi helpoiten rikkoutuu. Fysikaalisilta ominaisuuksiltaan toisistaan poikkeavien mineraalien esiintyessä tasaisesti koko kivessä, ei kiveen sitä vastoin muodostu selviä heikkouskohtia (Korhonen et al. 1974).

Mineraalien keskinäisen ryhmittymisen merkitys kiven lujuuteen ilmenee mm. kiillegneississä olevissa kivirakeissa. Kiillegneisseissä yhtenäiset, usein juovamaiset kiillemineraalikaumat muodostavat kiveen rikkoutumisalttiita kohtia.

Mineraalien suuntautuneisuuden kannalta lujimpia kiviä ovat suuntautumattomat tai vain heikosti suuntautuneet kivet. Erityisen lujan rakenteen muodostavat raemuodoltaan ja -kooltaan toisistaan hieman poikkeavat suuntautumattomat mineraalit, jotka sijaitsevat kiviaineuksessa tasaisesti toistensa lomissa (Kauranne et al. 1972).

Kiven mineraalien suuntautuneisuus vaikuttaa kiven eri suunnissa esiintyvien lujuuserojen lisäksi osaltaan myös kiven murskauksessa muodostuvan kivirakeen muotoon. Selvästi suuntautunutta kiviainesta murskattaessa syntyy helposti laattamaisempia tai puikkomaisempia kivirakeita kuin murskattaessa suuntautumattomia kiviaineiksia (Kauranne 1970b).

3 LUJUUDEN JA KULUTUSKESTÄVYYDEN MÄÄRITYSMENETELMÄT

Kiviaineuksen kelpoisuus tienrakennusmateriaaliksi määritetään pääasiassa kiviainesnäytteestä tehtävien laboratoriokokeiden tuloksien perusteella. Tavallisesti laboratoriotutkimuksissa kiviainesnäytteestä määritetään kiviaineuksen kiintotiheys, parannettu haurausarvo, Los Angeles -luku ja muotoarvo. Viime vuosien aikana on Suomessa tehty myös mm. kiviaineuksen hioutuvuustutkimuksia ja pistekuormituskokeita.

3.1 Kiviaineuksen kiintotiheys

Kiviaineuksen kiintotiheydellä tarkoitetaan tilavuusyksikön kokoisen kivikappaleen painoa. Kiintotiheysmääritykset tehdään tavallisesti laboratoriossa

punnitsemalla kivinäytteet ilmassa ja vedessä. Ilmapunnituksen (W_1) ja vesipunnituksen (W_2) avulla näytteen tiheys (g/cm^3) voidaan laskea kaavasta:

$$\rho = W_1 / W_1 - W_2$$

3.2 Kivirakeiden muoto

Kivirakeiden muoto vaikuttaa asfalttipäällysteen kulutuskestävyyteen siten, että laattamaiset tai puikkomaiset kivirakeet lisäävät asfalttipäällysteen tyhjää tilaa. Siten tällaisten kivirakeiden kulutuskestävyys päällysteessä on selvästi heikompi kuin tasamittaisten kivirakeiden (Eerola & Alkio 1984).

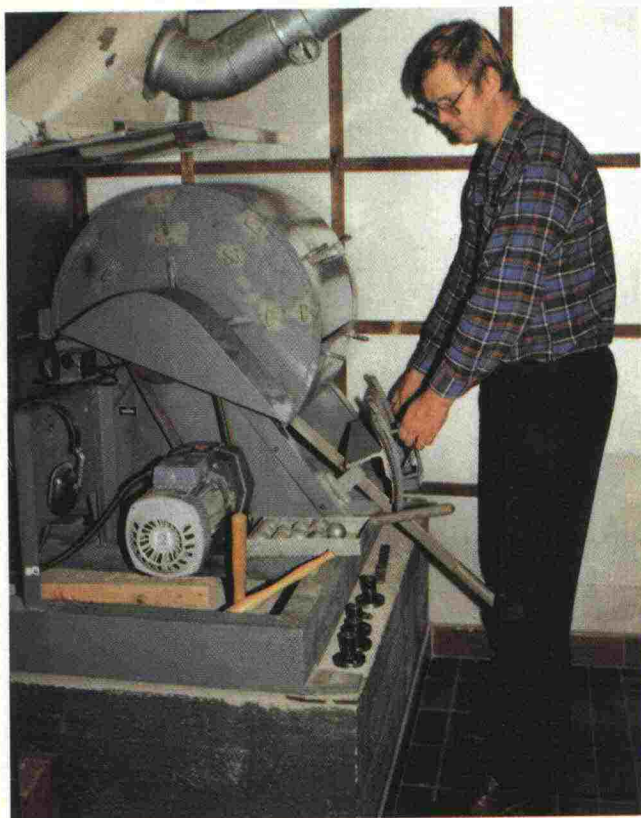
Kivirakeiden muotoarvomääritys tehdään murskatun kivinäytteen 8-12 mm:n fraktiosta. Jos valmistettu murske ei sisällä näitä raekokoja, muotoarvomääritys tehdään 12-16 mm:n fraktiosta. Tavallisesti määritetään muotoarvo mittaamalla sata kpl sattumanvaraisesti otettua kivirakeita ns. muotolaatikon avulla. Kivirakeen muoto määritetään kivirakeen pituuden suhteenä paksuuteen (c/a), sekä leveyden suhteenä paksuuteen (b/a). Edellinen ilmoittaa kivirakeiden puikkoisuuden ja jälkimmäinen kivirakeiden liuskeisuuden (Tielaitos 1991b).

Murskaamalla saadun kiviaineksen muotoon vaikuttaa sekä ko. kivilajin ominaisuudet että murskausmenetelmät ja -laitteet. Kivirakeiden muotoarvomääritys ei ole tarkka menetelmä, sillä tutkimusten mukaan samoista kivirakeista määritetyt muotoarvotulokset eri henkilöiden tekeminä vaihtelevat selvästi (Kauranne 1970b).

3.3 Los Angeles -koe

Los Angeles -koe testaa kiviaineksen isku- ja kulutuskestävyyttä. Koe suoritetaan ns. Los Angeles -myllyn avulla, jonka sylinterin pituus on 51 cm ja halkaisija 71 cm. Sylinterin kannessa oleva teräslevy aiheuttaa sen, että kivirakeisiin kohdistuu hankauksen lisäksi myös putoavien teräskuulien ja kivirakeiden aiheuttamia iskuja. Los Angeles-kokeessa käytettävien kivirakeiden koko on 9.5-19.0 mm. Tätä kiviainesfraktiota laitetaan sylinteriin yhteensä 5.0 kg yhdessä yhdentoista yhteispainoltaan 4584 g painavien teräskuulien kanssa (Tielaitos 1991b). Kuvassa 2 on Kymen tiepiirin Keskuslaboratoriossa oleva Los Angeles -mylly.

Kun sylinteri on pyörähtänyt 500 kierrosta nopeudella 30-33 kierrosta minuutissa, kiviaines seulotaan seulasarjalla, jonka alaraja on 1.68 mm. Tämän seulan läpäissyt kiviaineksen määrä painoprosentteina alkuperäisen kiviaineksen määrästä on näytteen Los Angeles-luku (Tielaitos 1991b). Kiviaineksen kulutuskestävyys on sitä parempi mitä pienempi on Los Angeles-luku. Los Angeles -koetta pidetään suhteellisen luotettavana laboratoriomenetelmänä hyvän toistettavuutensa ja tuloksien pienen hajonnan ansiosta. Suomessa Los Angeles -koetta on pidetty yhtenä tärkeimmistä kiviaineksen lujuuden määritysmenetelmistä.



*Kuva 2.
Kymen tiepiirin
Keskuslaborato-
riossa oleva Los
Angeles -mylly.*

*Fig. 2. Los Angeles
apparatus in Kymi
District Laboratory.*

3.4 Haurausarvokoe

Haurausarvokokeella testataan kiviaineksen iskunkestävyyttä. Haurausarvokoetta varten seulotaan noin 500 g raekooltaan 8-12 mm olevaa murskattua kiviainesta. Näyte-erä laitetaan sisähalkaisijaltaan ja korkeudeltaan 100 mm olevaan terässylinteriin, jonka päälle asetetaan 3.7 kg painava teräsmäntä. Teräsmännän päälle pudotetaan 25 cm:n korkeudelta 14 kg painava pudotusvasara 20 kertaa, jonka jälkeen vasaroitu näyte seulotaan 4 mm:n seulalla. Tämän seulan läpäissyt kiviaineksen määrä painoprosentteina alkuperäisen kiviaineksen määrästä on näytteen parannettu haurausarvoluku (Tielaitos 1991b). Kuvassa 3 on Tiehallituksen Geopalvelukeskuksen laboratoriossa oleva haurausarvolaite.

Kiviaineksen kulutuskestävyyden katsotaan Los Angeles -kokeen tavoin olevan sitä parempi, mitä pienempi on kiviäytteen parannettu haurausarvoluku. Tiehallituksen Geopalvelukeskuksen laboratoriossa tehtyjen tutkimusten perusteella haurausarvomenetelmän tarkkuus ei ole niin hyvä kuin mitä on Los Angeles-menetelmällä. Näiden haurausarvotutkimusten perusteella rinnakkaisnäytteiden tulokset saattavat poiketa jopa 10 % keskiarvosta (Lapalainen 1987:29). Kymen tiepiirin näytteitä tutkittaessa on rinnakkaisnäytteiden tulokset poikenneet jopa yli 20 % keskiarvosta.



*Kuva 3.
Tiehallituksen
Geopalvelukeskuksen
laboratoriossa
oleva hauraus-
arvolaite.*

*Fig. 3. Swedish impact
apparatus in Geo-
technical Services
Laboratory of Central
Administration.*

3.5 Hioutuvuuskoe

Hioutuvuuskokeella testataan kiviaineksen kykyä vastustaa raapivaa ja tasais-
ta hiovaa kulutusta. Hioutuvuuskoetta varten valmistetaan murskatun
kiviaineksen 8-12 mm:n fraktiosta esim. rikkilaastilla iskostamalla kaksi kool-
taan 85 mm x 85 mm olevaa näytelevyä. Molemmissa näytelevyissä on 36 kpl
hieman toisistaan erillään olevaa kiviraetta. Näytelevyjä hiotaan hiontajauheen
(esim. alumiinioksidi) avulla hiontalevyä vasten 500 kierroksen ajan. 250
kierroksen jälkeen molempia näytelevyjä käännetään hiontasuunnassa 180°
(Tielaitos 1991b). Kuvassa 4 on Tiehallituksen Geopalvelukeskuksen labora-
toriossa oleva hioutuvuuslaite.

Hioutuvuuskokeen tulos ilmoitetaan ns. hioutuvuuslukuna, joka saadaan
jakamalla pois kuluneen kiviaineksen grammamäärä ko. kiviaineksen
kiintotiheydellä. Näytteen ja sen rinnakkaisnäytteen tulokset saavat poiketa
keskiarvosta korkeintaan 15 % (Tielaitos 1991b). Kiviaineksen kulutuskestävyys
on sitä parempi, mitä pienempi on hioutuvuusluku. Hyvät hioutuvuusluvut
saavat kiviainekset, jotka koostuvat pääasiassa kovista, lujasti toisiinsa
kiinnittyneistä mineraaleista.

Hioutuvuuskoe on osoittautunut melko tarkaksi tutkimusmenetelmäksi. Ruot-
salaisen, eri hioutuvuuslaitteilla suoritettun tutkimuksen perusteella tulokset
poikkeavat alle 10 % keskiarvosta. Tämä rinnakkaistutkimus suoritettiin kah-
deksassa laboratoriossa ja tutkittavana oli kuusi erilaista kiviainesta (Höbeda
et al. 1985).



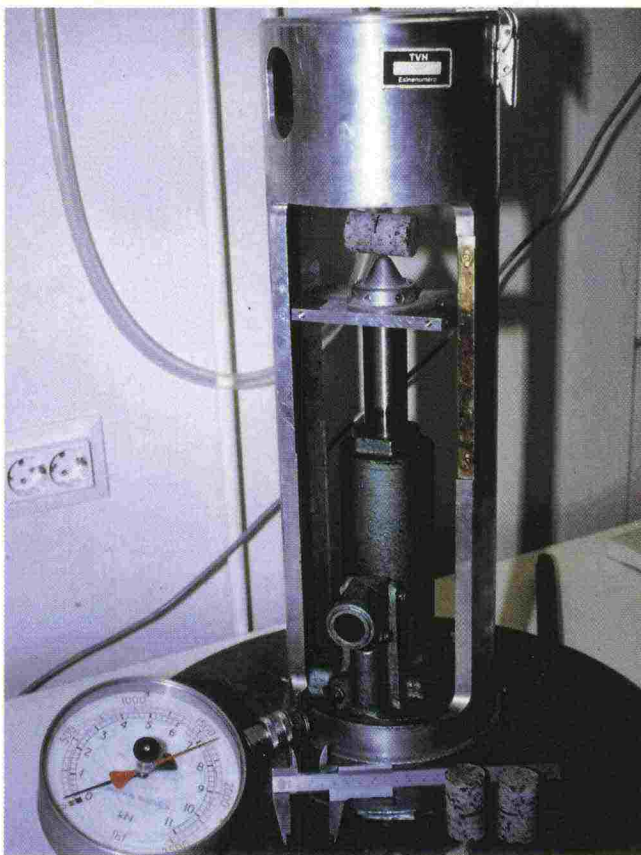
Kuva 4.
Tiehallituksen Geopalvelukeskuksen laboratoriossa oleva hioutuvuuslaite.

Fig. 4. Abrasion apparatus in Geotechnical Services Laboratory of Central Administration.

3.6 Pistekuormituskoe

Pistekuormitusindeksi ilmoittaa kiven suurimman kuormankantokyvyn ennen murtumista siten, että kuormitus kohdistuu lähes pistemäiselle alueelle. Pistekuormituskoe suoritetaan pistekuormituslaitteella tai puristimella joko kairasydännäytteellä tai epämääräisen muotoisella kiviappaleella (Tielaitos 1991b).

Kiviaineksen pistekuormituskokeet on suoritettu tavallisesti sylinterimäisillä kairasydännäytteillä, jotka sijoitetaan yleensä pitkittäin kartiomaisten, pallopäisten ($r = 5$ mm) kuormituskappaleiden väliin. Kairasydännäytteiden pituuden on oltava suurempi kuin näytteen halkaisija. Kuormituskappaleiden välissä olevaa näytettä kuormitetaan hydraulipumpun avulla kunnes näyte murtuu. Kuormitusmittarista saadaan luettua voima, joka tarvittiin näytteen murtamiseen (Tielaitos 1991b). Kuvassa 5 on Kymen tiepiirin keskuslaboratoriossa oleva pistekuormituslaite.



Kuva 5.
Kymen tiepiirin Kes-
kuslaboratoriossa
oleva pistekuormitus-
laite.

Fig. 5. Point load
device in Kymi District
Laboratory.

Pistekuormituskokeissa yleisenä vertailuarvona käytetään $Is(50)$ -indeksi-arvoa, joka on halkaisijaltaan 50 mm:n koekappaleesta määritetty indeksi-arvo. Tutkit-
taessa kairasydännäytteitä pistekuormitusindeksi saadaan laskettua kaavas-
ta (ISRM 1985):

$$Is(50) = P/D^2 \times F, \text{ missä}$$

$$\begin{aligned} Is(50) &= \text{pistekuormitusindeksi (MPa)} \\ P &= \text{puristava voima, jolla kivi särkyy (N)} \\ D &= \text{kuormituskärkien väli (mm)} \\ F &= (D/50)^{0.45} \end{aligned}$$

3.7 Mikroskooppitutkimukset

Kalliosta otettuja kivinäytteitä voidaan tutkia binokulaarimikroskoopin avulla käyttäen 2-10 kertaa suurentavia objektiiveja. Binokulaarimikroskoopin avulla kivistä voidaan usein määrittää suhteellisen hyvin päämineraalit sekä tekstuuritekijät. Tarkempia tutkimuksia varten kivinäytteistä voidaan valmistaa ohuthieitä, joita tutkitaan polarisaatiomikroskoopissa käyttäen 1-40 kertaisia objektiivisuurennuksia.

Hieestä määritetään kivessä esiintyvät mineraalit ja niiden prosentuaaliset osuudet. Prosentuaaliset osuudet voidaan määrittää point counter -menetelmällä, jos kivinäyte on hieno- tai keskirakeinen. Lisäksi ohuthieestä voidaan

arvioida päämineraalien raekoko sekä näytteen keskimääräinen raekoko. Jos kivinäyte on karkearakeinen, polarisaatiomikroskooppitutkimuksen lisäksi joudutaan näytteen mineraalien prosentuaaliset osuudet ja raekoko määrittämään myös binokulaarimikroskoopin avulla.

Kiven rakennetta tutkittaessa täytyy kiinnittää huomiota varsinkin mineraalien muuttuneisuuteen, raerajoihin ja mineraalien omamuotoisuuteen sekä mahdollisiin mikrorakoihin. Kivistä voidaan myös määrittää ns. Vickersin kovuus (VHK). Se saadaan laskemalla päämineraalien kovuuksien keskiarvo painotettuna mineraalien prosentuaalisella osuudella.

3.8 Muita menetelmiä

Seuraavassa on mainittu eräitä kiviaineksen testausmenetelmiä, joita ei käytetä yleisesti tienpäälystekiviainestutkimuksissa. Menetelmät kuuluvat tröger- ja poranäytteiden kulutuskoetta lukuunottamatta ns. kalliomekaanisiin lujuus- ja porattavuuskokeisiin, joita ovat: kimmomoduli, Poissonin luku, puristusmurtolujuus, vetomurtolujuus, Sieversin J'-arvo, Proto 20'-arvo, haurausarvo S20' sekä porausnopeusindeksi. Näitä testausmenetelmiä on selvittänyt tarkemmin esim. Lappalainen (1987).

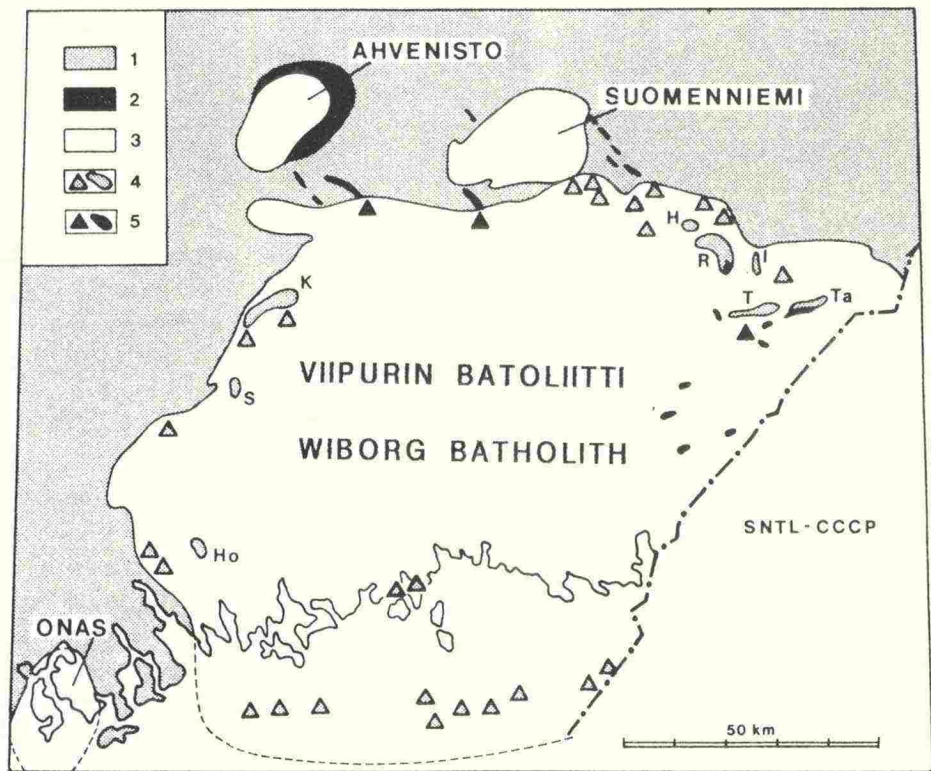
Polarisaatiomikroskooppitutkimuksen lisäksi kiviaineksen rakennetta voidaan tarkemmin tutkia röntgendiffraktioanalyysin avulla. Murskatun kiviaineksen hienoaineksesta voidaan röntgenanalyysin lisäksi selvittää myös ominaispinta-ala, huokosjakauma ja vedenadsorptio-ominaisuudet (Nieminen & Uusinoka 1986, Uusinoka & Nieminen 1986, 1988, Uusinoka & Peltonen 1988).

4 RAPAKIVITYYPPIEN PETROGRAFINEN KUVAUS

4.1 Yleistä

Etelä-Suomen rapakivigraniitit muodostuvat neljästä suuresta batoliitista (Viipuri, Ahvenanmaa, Vehmaa, Laitila) sekä useasta pienestä batoliitista ja stokista. Petrologisten, rakenteellisten ja kiviaineksen tekstuuritekijöiden perusteella eri rapakivibatoliittien nykyiset eroosiotasot edustavat epi-vyöhykkeisten intrusiivikompleksien yläosaa. Suomen rapakivigraniittien ikä on 1650-1540 milj. vuotta (Rämö et al. 1989) ja niitä pidetään anorogeenisinä.

Viipurin batoliitissa on runsaasti eri kokoisina sulkeumina muita kivilajeja, jotka koostuvat sekä svekokarelidisista että rapakiveä vähän vanhemmista subjotunisista kivilajeista. Suuria sulkeumia on varsinkin rapakivialueen länsiosassa Kouvolan kartta-alueella sekä itäosassa Lappeenrannan ja Ylämaan kartta-alueilla. Varsinkin Lappeenrannan ja Ylämaan alueilla olevien sulkeumien käyttökelpoisuutta tienpäälystekiviaineeksi on selvitetty tarkemmin. Hyödynnettäviä alueita esiintyy Taalikkalan ja Toivarilan alueilla sekä Lappeenrannan länsipuolella Ylikkälän alueella (Ruoholammin alue), josta on louhittu plagioklaasiporfyyriittiä tienpäälystekiviaineeksi. Viipurin batoliitin sekä Ahveniston ja Suomenniemen batoliittien alueilla esiintyvien sulkeumien sijainti on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Viipurin batoliitissa sekä Ahveniston ja Suomenniemen batoliiteissa olevat sulkeumat. 1, svekokarelidisia kiviä; 2, subjotunisia kiviä; 3, rapakiveä; 4, peruskalliomurskaleita ja -sulkeumia rapakivessä; 5, subjotunisia kiviä murskaleina ja sulkeumina rapakivessä. Laaja-alaisimmat sulkeumat: K, Kirkkojärvi; S, Sääksjärvi; Ho, Hopjärvi; H, Hyvärilä; R, Ruoholampi; I, Ihalainen; Ta, Taalikkala; T, Toivarila; Y, Ylämaa (Simonen 1987).

Fig. 6. Foreign rock fragments and roof pendants in Wiborg, Ahvenisto and Suomenniemi batholiths. 1, svecokarelidic rocks; 2, subjotnian rock; 3, rapakivi; 4, svecokarelidic rocks as fragments and roof pendants in rapakivi; 5, subjotnian rocks as fragments and roof pendants in rapakivi.

Ikämäärytykset ja eri rapakivimuunnosten keskinäiset kontaktisuhteet osoittavat, että Viipurin batoliitin rapakivet ovat syntyneet muutaman lyhyellä aikavälillä tapahtuneen intruusiovaiheen tuloksena. Vorman (1971) mukaan vanhimpaan intruusiovaiheeseen kuuluvat Lappeenrannan alueen tummat tasarakeiset rapakivet (tiriliitit) ja sarvivälkerapakivet (Lappeen graniitit), sekä porfyyrinen Sinkon graniitti. Päävaiheeseen liittyvät karkearakeiset-porfyyriset rapakivet (viborgiitti-pyterliitti-porfyyrinen rapakivigraniitti) sekä näiden yhteydessä esiintyvät tasarakeiset biotiittirapakivet ja porfyryripliitit. Lähtään nuorempaan vaiheeseen kuuluu Jaalan-litin sarvivälkerapakivijuoni, batoliitin länsiosan tasarakeiset biotiittirapakivet sekä Suomenlahden saarten rapakivet. Viipurin batoliitin nuorimpaan intruusiovaiheeseen liittyy ns. Kymen harmaa rapakivi ja hyvin kapeat kvartsi-porfyryrijuonet, joita esiintyy varsinkin Haminan alueella. Kuvassa 1 (sivulla 13) on esitetty Viipurin batoliitin Suomen puoleinen osa ja siinä olevien eri rapakivityyppien sijainti.

Taulukko 2. Rapakivimuunnosten levinneisyys Viipurin batoliitin Suomen puoleisella alueella (Simonen & Vormo 1969).

Table 2. Distribution of the rapakivi varieties of Wiborg batholith in Finnish part (Simonen & Vormo 1969).

Viborgiitti - Wiborgite	76.2 %
Tumma viborgiitti - Dark-coloured wiborgite	4.9 %
Pyterliitti - Pyterlite	6.1 %
Porfyyrinen rapakivigraniitti - Porphyritic rapakivi granite	1.2 %
Tasarakeinen rapakivigraniitti - Even-grained biotite rapakivi	3.8 %
Sarvivälkerapakivi - Hornblende rapakivi	4.0 %
Tumma tasarakeinen rapakivi - Dark-coloured, even-grained rapakivi	3.1 %
Porfyryapliitti - Porphyry aplite	0.7 %
Kvartsiporfyry - Quartz porphyry	< 0.1 %
Apliitti ja pegmatiitti - Aplite and pegmatite	< 0.1 %

Kaikki Viipurin batoliitin rapakivimuunnokset ovat metamorfoitumattomia, suuntautumattomia graniitteja. Kemialliselta koostumukseltaan ne ovat kaliumrikkaita graniitteja, joiden kalsium- ja magnesiumpitoisuudet ovat pieniä (Simonen 1987:7). Rapakivimuunnokset ovat suurelta osin karkearakeisia, porfyyrisiä graniitteja. Taulukossa 2 on esitetty eri rapakivimuunnosten levinneisyys Viipurin batoliitin Suomen puoleisella alueella. Taulukosta voidaan havaita, että vallitsevana ovat porfyyriset rapakivimuunnokset (viborgiittitumma viborgiitti-pyterliitti-porfyyrinen rapakivigraniitti), joiden osuus on lähes 90 % koko alueesta.

Eri rapakivimuunnokset eroavat toisistaan pääasiassa tekstuuritekijöiden ja mineraalikoostumuksen perusteella ja jossakin määrin myös kiviaineksen rikkonaisuuden ja rapautuneisuuden suhteen. Rapakivimuunnosten päämineraalien (pitoisuus yli 10 til.%) osalta eri rapakivien välillä on vain hyvin pieniä eroavaisuuksia. Päämineraaleina ovat kalimaasälpä (40-60 %), kvartsi (10-40 %) ja plagioklaasi (5-30 %).

Rapakivien rapautumista ovat selvittäneet mm. Eskola (1930), Savolahti (1962) ja Vuorinen et al. (1981). Eskolan mukaan porfyyriset rapakivet rapautuvat muita rapakivityyppejä helpommin. Pääsyy rapautumiseen on rapakivien yksinkertaisessa tekstuurissa: suurikokoiset, omamuotoiset mineraalit liittyvät toisiinsa suorilla raerajoilla. Myös mineraalikoostumuksella on vaikutusta kiviaineksen rapautumisherkyyteen; tummia mineraaleja, kuten biotiittia ja sarvivälkettä, runsaasti sisältävät rapakivityypit rapautuvat helpommin kuin vastaavat apliittiset muunnokset. Lisäksi kalliokiviaineksen konsistenssi on saattanut heikentyä maankuoren vähäisen häiriötoiminnan tuloksena. Kun tällaiset kerrokset ovat joutuneet eksogeenisten toimintojen (esim. veden jäätyminen-sulamminen kiviaineksen raoissa) vaikutuspiiriin, on seurauksena kiviaineksen särkyminen, moroutuminen.

Savolahden (1962) mukaan pääsyy rapakivien voimakkaaseen rapautumistaipumukseen saattaa olla rapakivien korkea kiteytymislämpötila ja kiviaineksen jäähtymiseen liittyvä mineraalien, varsinkin kvartsin, voimakas kutistuminen. Skinnerin (1966, sit. Haapala 1977a:37) mukaan rapakivien kiteytymislämpötilasta (noin 600 °C) lämpötilan laskiessa 100 °C (500 °C), kvartsi kutistuu peräti 1.82 %. Mineraalien kutistuminen aiheuttaa kiviainekseen rakoilua, erottaa mineraalit toisistaan tai ainakin löyhentää mineraalien välisiä sidoksia.

Vuorinen et al. (1981) ovat tutkineet bakteeritoiminnan vaikutusta rapakivien rapautumiseen. Laboratoriokokeissaan he käsittelivät rapakivigraniittinäytteet bakteeriviljelyliuksella. Saamiensa tulosten perusteella he totesivat, että bakteerit aiheuttivat mineraalien muuttumista pintamorfologian suhteen, sekä viljelyliuksessa kohonneita pitoisuuksia Na, Ca, K, Fe ja Mg osalta. Tämän tutkimuksen perusteella on kuitenkin vaikea sanoa, missä määrin bakteeritoiminnan aiheuttamia reaktioita tapahtuu luonnonolosuhteissa.

Tässä tutkimuksessa on tehty samanlaisia havaintoja kuin mitä Eskola teki jo yli 60 vuotta sitten. Porfyirisille rapakiville (viborgiitti, tumma viborgiitti, pyterliitti, porfyriinen rapakivigraniitti) on tyypillistä rapautumien, murrosten ja rakoilujen esiintyminen. Näillä rapakivityypeillä rapautumista edistää usein ohuthietarkastelussa selvästi havaittava runsas mikrorakoilu. Alueellisesti mikrorakoilun määrässä on havaittavissa selvää vaihtelua. Varsinkin rapakivibatoliitin keskialueella, Taavetin pohjois- ja länsipuoliselle kallioperälle on tyypillistä kiviaineksen voimakas mikrorakoilu. Tällä alueella on kallioperässä tavallista runsaammin rapautumia myös pintaosaa syvemmillä.

Tummalle tasarakeiselle rapakivelle on tyypillistä kallioperän pintaosan osittainen rapautuneisuus. Tämä seikka näkyy runsaana mikrorakoiluna ja tummien mineraalien osittaisena muuttumisena; biotiitti on osaksi kloriittiutunutta, oliviini korvautunut iddingsiitillä ja sarvivälke gruneriitillä. Myös sarvivälkerapakivissä esiintyy rapautumia molemmilla laajemmilla tutkimusalueilla; Lappeenrannan alueella ja Jaalan-litin alueella. Vaikka rapautumislukuituksen mukaan nämä kiviainekset ovat pääasiassa rapautumattomia (Rp0), niin mikroskooppitarkastelun avulla havaitaan kiviaineksissa oleva selväpiirteinen mikrorakoilu.

Vähiten rapautumia omaavat biotiittirapakivet, porfyriapliiitit ja kvartsi-porfyyrirjuonet. Myös karkearakeisissa biotiittirapakivissä esiintyy rapautumia ja runsasta mikrorakoilua. Yleensä hieno-keskirakeisissa biotiittirapakivissä rapautumiskuoren paksuus on kuitenkin vain 0.5-1.0 cm. Porfyriapliittien ja kvartsi-porfyyrin rapautumattomuuden selittää niiden mineraalien hienorakeisuus. Kuitenkin myös porfyriapliiteissa esiintyy eroja mikrorakoilun määrän suhteen ja siten myös rapautumisalttiuden suhteen.

Rapakivien yleisin mineraali on kalimaasälpä, jota on yleensä 40-60 %. Kalimaasälpäpitoisuus on suurin viborgiiteissa, pyterliiteissa, useimmissa porfyriapliiteissa sekä punaisissa tasarakeisissa biotiittirapakivissä. Alhaisin kalimaasälpäpitoisuus on tasarakeisissa sarvivälkerapakivissä sekä tummissa tasarakeisissa rapakivissä. Kalimaasälpä esiintyy omamuotoisina hajarakeina ja ovoideina (yl. Ø 1-5 cm) sekä vierasmuotoisina rakeina perusmassassa.

Kvartsi on rapakivissä väriltään yleensä tummaa ja sen raekoko vaihtelee 0.05-15.0 mm. Suurin kvartsipitoisuus (30-40 %) esiintyy porfyirisissä rapakivissä sekä osassa tasarakeisia biotiittirapakiviä ja porfyriapliitteja. Näissä rapakivityypeissä kvartsi on tyypillisesti omamuotoista ja suurirakeista (\varnothing 2-10 mm). Lisäksi raekooltaan hyvin pientä kvartsia (\varnothing 0.05-0.3 mm) esiintyy omamuotoisina - osittain omamuotoisina rakeina perusmassassa sekä pisaramaisina (drop quartz) ja muodoltaan käyrinä (concave quartz) sulkeumina kalimaasälpäovoideissa ja -hajarakeissa. Pienikokoista kvartsia esiintyy runsaasti joissakin tasarakeisissa biotiittirapakivissä, porfyriapliiteissa ja varsinkin Jaalan - litin sarvivälkerapakivijuonessa.

Suurin plagioklaasipitoisuus (20-30 %) esiintyy tummissa viborgiiteissa sekä sarvivälkerapakivissä ja tiriliiteissä. Sen sijaan pihaporikkaissa porfyirisissä rapakivissä plagioklaasia on vähän (noin 10 %) ja joissakin tasarakeisissa biotiittirapakivissä se esiintyy aksessorisena mineraalina. Tyypillisesti plagioklaasi on koostumukseltaan oligoklaasia, koostumuksen vaihdellessa albitista andesiiniin. Plagioklaasi on yleisesti serisiittiytynyttä.

Fe-Mg -silikaateista rapakivissä esiintyy biotiitti, sarvivälke, oliviini ja pyrokseeni ja niiden muuttumistuloksina kloriitti, gruneritti ja iddingsiitti. Ainoastaan sarvivälke esiintyy päämineraalina (10-15 %) joissakin sarvivälkerapakivissä. Sen sijaan sarvivälkettä ei esiinny pyterliiteissä, porfyirisissä rapakivigraniiteissa, tasarakeisissa biotiittirapakivissä ja porfyriapliiteissa. Biotiitti esiintyy kaikissa rapakivimuunnoksissa tummana mineraalina ja runsaimpana biotiittirapakivissä (jopa 5-8 %). Oliivin (fayaliitti) ja sen muuttumistuloksena esiintyvää iddingsiittiä sekä pyrokseenia esiintyy tummissa rapakivimuunnoksissa (tiriliitti, sarvivälkerapakivi) sekä tummissa viborgiiteissa.

Edellä mainittujen Fe-Mg -silikaattien lisäksi rapakivissä esiintyy yleisesti aksessorisena mineraaleina fluoriittia, apatiittia, zirkonia, opaakkia (magnetiitti) ja serisiittiä. Lisäksi tavataan satunnaisesti mm. topaasia, muskoviittia, karbonaattia ja epidootia.

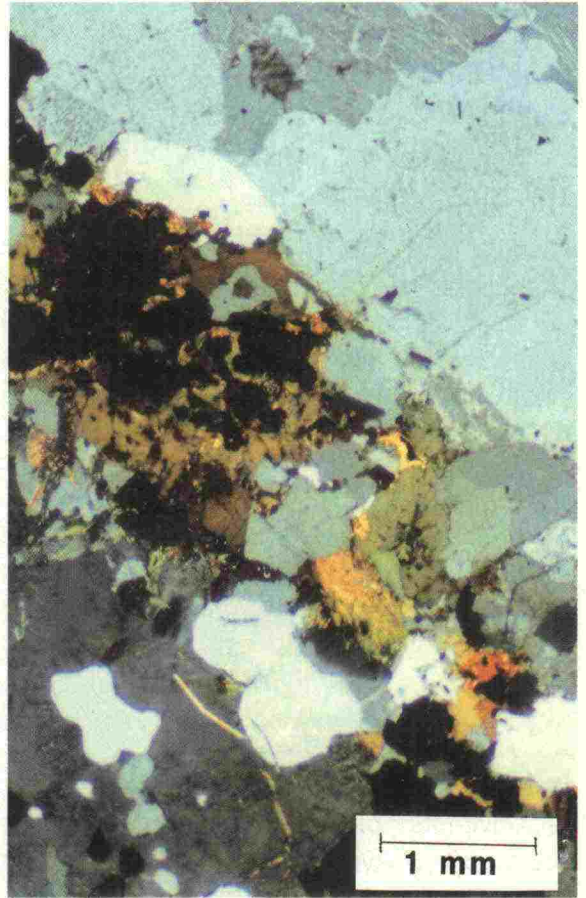
4.2 Viborgiitti

Viborgiitti on Viipurin batoliitin yleisin rapakivimuunnos (taulukko 2). Viborgiitille on tyypillistä, että siinä on hyvin runsaasti muutaman senttimetrin läpimittaisia plagioklaasimanttelin ympäröimiä kalimaasälpäovoideja (kuva 7). Ovoidien välissä olevan perusmassan osuus kivistä on yleensä vain 20-30 %. Kalimaasälpäovoidien koko vaihtelee suuresti, niiden läpimitan ollessa 0.5-12 cm. Tavallisesti ovoidien läpimitta on 1-4 cm, mutta usein kivessä on samanaikaisesti sekä suuria että pieniä ovoideja. Suuret ovoidit (yli 8 cm) ovat kuitenkin harvinaisia. Kalimaasälpäovoidien ympärillä oleva plagioklaasikehä on paksuudeltaan 1-5 mm.

Kalimaasälpäovoidien sisältämän hematiittipigmentin johdosta viborgiittien yleisväri on vaalean ruskea - punaisen ruskea. Paikoitellen, kuten Ylämaan alueella, viborgiitit ovat väriltään vaalean harmaita - vaalean ruskeita. Tutkitut viborgiittinäytteet (16 kpl) eroavat toisistaan pääasiassa perusmassan osuuden ja raekoon suhteen, ovoideissa olevien sulkeumien sekä mikrorakoilun määrän ja rapautumien osalta. Sen sijaan ovoidien keskikoko on kaikissa näytteissä sama, \varnothing 1-4 cm.



A



B

Kuva 7. Viborgiitti, Taina, Luumäki (tutkimuspiste nro 11). Kallion pinnasta otetussa kuvassa näkyvät ovoidit ovat läpimitaltaan 1-3 cm, välimassassa läpimitaltaan 5-12 mm oleva omamuotoinen kvartsi yleinen (kuva A). Kuvan B yläreunassa näkyy kalimaasälpäovoidi ja sen ympärillä oleva plagioklaasikehä. Perusmassassa näkyy kvartsin ja maasälpien lisäksi sarvivälkettä, biotiittia ja opaakkia (polarisaatiomikroskooppikuva, ristiniolit).

Fig. 7. Wiborgite at Taina, Luumäki (observation site no. 11). The bedrock surface photo (A) shows that the diameter of ovoids is 1-3 cm and occurrence of euhedral quartz (\varnothing 5-12 mm) is rich in groundmass. A potassium feldspar ovoid mantled by plagioclase is shown at the top of the photomicrograph (B). The groundmass minerals are quartz, feldspars, hornblende, biotite and ore mineral. Crossed polars.

Viborgiiteissa esiintyy plagioklaasikehän ympäröivien kalimaasälpäovoidien lisäksi usein myös ovoideja ilman plagioklaasikehää. Tällaiset "pyterliittiset ovoidit" ovat hyvin yleisiä, esim. Anjalankosken eteläpuolella, Juurikorven alueella (kuva 1, tutkimuspiste nro 4). Kaipiaisen alueella (tutkimuspiste nro 19) viborgiitti vaihtuu vähittäin tummaksi viborgiitiksi ja Virolahden alueella (tutkimuspiste nro 16) porfyryripliitiksi. Sen sijaan Haminan pohjoispuolella, Paijärven alueella (tutkimuspiste nro 52), viborgiitin ja sarvivälkerapakiven välinen kontakti on suhteellisen terävä ja selväpiirteinen.

Suurimmassa osassa tutkittuja viborgiittinäytteitä on perusmassan osuus 20-30 % kivistä. Myös normaalia enemmän perusmassaa (30-50 %) sisältäviä viborgiitteja esiintyy. Tutkituista näytteistä nämä sijaitsevat alueilla, joilla viborgiitti vaiheutuu porfyryriplitiksi (tutkimuspiste nro 16), sekä alueilla, joilla viborgiitin yhteydessä esiintyy tasarakeista biotiittirapakiveä (tutkimuspisteet nro 2, 3 ja 4).

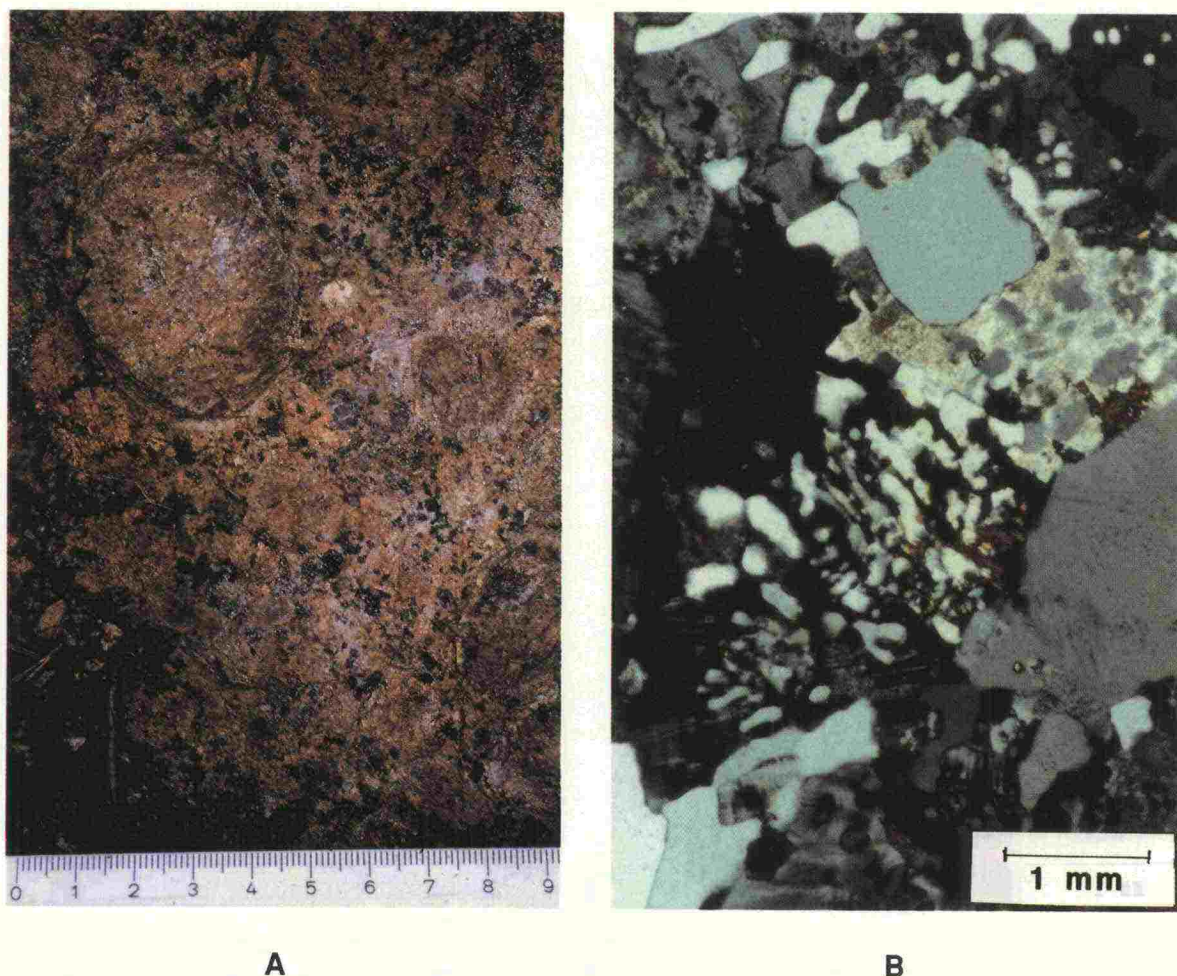
Tekstuuritekijöiden (mineraalien raekoko, yhteenliittyminen ja keskinäinen ryhmittäminen) osalta on suurin osa tutkituista viborgiiteista samanlaisia. Ovoidien välinen perusmassa on raekooltaan yleensä keski-karkearakeista (\varnothing 1-30 mm). Varsinkin biotiitti ja sarvivälke esiintyvät yleisesti omamuotoisina, suurina rakeina (\varnothing 3-10 mm). Myös omamuotoinen, karkearakeinen kvartsi on viborgiiteissa tyypillinen. Keskimäärin perusmassa on tutkituissa viborgiiteissa raekooltaan keskirakeista (\varnothing 1-5 mm) muissa tutkimuspisteissä paitsi Ylämaan eteläpuolen viborgiiteissa. Näissä viborgiiteissa (tutkimuspisteet nro 14 ja 15) kvartsi (\varnothing 5-15 mm) sekä biotiitti ja sarvivälke (\varnothing 5-30 mm) ovat perusmassassa karkearakeisia. Vain tutkimuspisteiden nro 1, 2, 3, 4, 11, 12 ja 16 viborgiiteissa on perusmassan raekoko hieno-pienirakeista (\varnothing <1-3 mm).

Raekoon lisäksi tekstuuritekijöistä kiviaineksen kulutuskestävyyteen vaikuttaa myös mineraalien yhteenliittyminen (mineraalien omamuotoisuus) sekä mineraalien keskinäinen ryhmittäminen. Tyypillisesti viborgiittien mineraalit ovat raerajoiltaan suoraviivaisia tai pyöreähköjä. Lisäksi puolessa tutkimuspisteiden viborgiiteista esiintyy varsinkin kvartsi sekä biotiitti ja sarvivälke ryhminä ja nauhoina ovoidien ympärillä (näytteet 6-10, 13-15). Koko tutkimusaluetta ajatellen yli 90 % viborgiittisesta kallioperästä omaa edellä kuvatun tekstuurin.

Tutkittujen viborgiittinäytteiden ovoideissa on yleisesti sulkeumina vähäisessä määrin hienorakeista (\varnothing 0.05-0.3 mm) kvartsia. Tämä kvartsi esiintyy pisaramaisina (drop quartz) tai muodoltaan käyrinä (concave quartz) sulkeumina. Hienorakeista kvartsia esiintyy usein vähäisessä määrin myös perusmassassa. Tutkimuspisteiden nro 2 ja 3 viborgiiteissa esiintyy hienorakeista kvartsia tavallista runsaammin sekä sulkeumina ovoideissa että perusmassassa. Hienorakeinen kvartsi esiintyy paikoin näiden viborgiittien ovoideissa selvästi runsaampana kuin perusmassassa (kuva 8).

Viipurin batoliitin alueella olevalle viborgiittiselle kallioperälle on tyypillistä rapautumien, murrosten ja rakoilujen esiintyminen. Varsinkin keskellä viborgiittialuetta, Taavetin pohjois- ja länsipuolella, esiintyy kallioperässä tavallista runsaammin rapautumia ja murroksia. Runsaisten rapautumien johdosta, jotka usein rajoittuvat kallioalueen pintaosaan (1.0-1.5 m:n syvyyteen), on useilta kallioalueilta laboratorionäytteiden ottaminen ongelmallista.

Taavetin länsipuolella olevassa tutkimuspisteessä nro 8 (kuva 1, sivulla 13) Kymen tiepiiri on louhinut viborgiittia. Tällä alueella kallioperä on tavallista runsaammin rapautunutta ja särkynyttä; rapautumien ja moron esiintyminen on hyvin tyypillistä (kuva 9A). Tutkimuspisteen nro 8 viborgiitista tehdyssä ohuthiessä on selvästi havaittavissa hyvin runsas mikrorakoilu sekä kiilletäytteisten rakojen esiintyminen (kuva 9B).

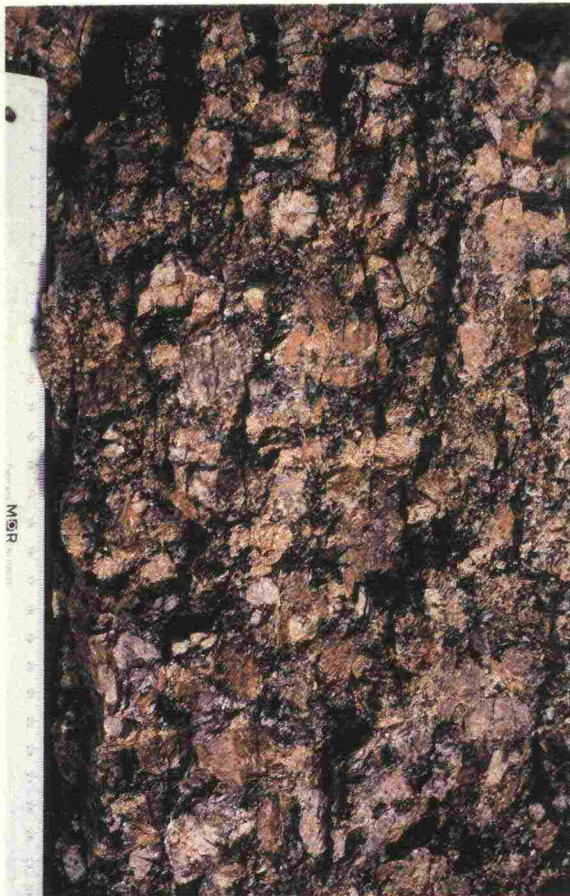


Kuva 8. Viborgiitti, Vehkovuori, Kotka (tutkimuspiste nro 3). Kallion pinnasta otetussa kuvassa näkyy selvästi perusmassasta koholla olevat ovoidit (Kuva A). Perusmassaan verrattuna ovoidien paremman rapautumiskestävyyden selittää niissä runsaana esiintyvä hienorakeinen kvartsi (kuva B; polarisaatiomikroskooppikuva, ristiniolit).

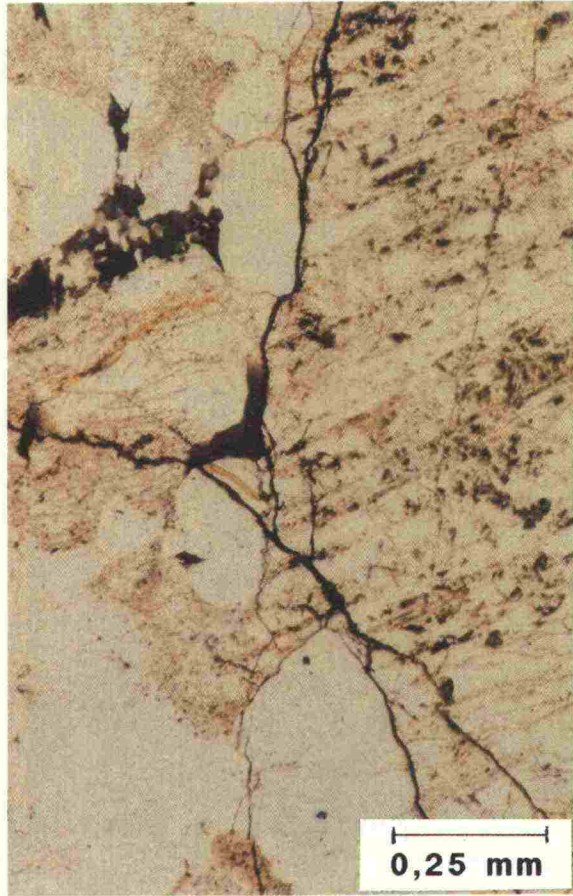
Fig. 8. Wiborgite at Vehkovuori, Kotka (observation site no. 3). The bedrock surface photo (A) shows that the ovoids are clearly up from the groundmass. The ovoids have better resistance to weathering than the groundmass because of rich occurrence of fine-grained quartz in the ovoids (B, photomicrograph, crossed polars).

4.3 Tumma viborgiitti

Viipurin batoliitin Suomen puoleisella alueella tumman viborgiitin osuus rapakivikallioperästä on alle 5% (Simonen & Vormaa 1969). Tummaa viborgiittia esiintyy runsaimmin rapakivialueen länsiosassa, jossa se muodostaa melko yhtenäisen lounaisesta koilliseen kulkevan jakson Myrskylän-Artjärven-Kuusankosken alueella (kuva 1, sivulla 13). Lisäksi ulkosaaristossa, mm. Haapasaaren saariryhmän alueella, tummaa viborgiittia esiintyy yleisesti. Pienempinä alueina tummaa viborgiittia esiintyy esim. Pyhtään länsipuolella, batoliitin keskialueella Kaipiaisien alueella ja Haminan pohjoispuolella sekä rapakivialueen itäosassa Lappeenrannan eteläpuolella.



A



B

Kuva 9. Viborgiitti, Aittovuori, Luumäki (tutkimuspiste nro 8). Louhitun kallion pinnasta otetussa kuvassa näkyy kiviaineksen löyhä rakenne, osittainen rapautuminen sekä mikrorakoilua (kuva A). Kuvassa B näkyy hyvin selvästi voimakas mikrorakoilu, joka on edistänyt kiviaineksen rapautumista (polarisaatiomikroskooppikuva, yksi nikoli).

Fig. 9. Wiborgite at Aittovuori, Luumäki (observation site no. 8). Photo (A) of a quarried bedrock surface shows the loose structure of the mineral aggregate, partly weathered and microjointed. The photomicrograph (B) shows the clearly abundant microjointing, which has increased the weathering rate. Parallel nicols.

Viborgiitti ja tumma viborgiitti eroavat selvimmin toisistaan yleisvärinsä suhteen. Tumman viborgiitin väri johtuu pääasiassa siitä, että plagioklaasi on väriltään tummaa ja sitä on selvästi runsaammin kuin tavallisessa viborgiitissa. Plagioklaasia esiintyy ovoidirakenteen lisäksi myös perusmassassa keskirakeisina mineraaleina (\varnothing 1-5 mm) ja yleensä 1-2 cm (jopa 6 cm) läpimittaisina omamuotoisina hajarakeina. Tumman viborgiitin värisävyyn vaikuttaa myös se, että viborgiittiin verrattuna siinä on selvästi enemmän sarvivälkettä, tyypillisesti lähes 10 %. Myös oliivin ja iddingsiitin esiintyminen vaikuttavat kiviaineksen väriin.

Kuten viborgiitissa myös tummassa viborgiitissa esiintyy tavallisesti muutaman senttimetrin läpimittaisia (2-4 cm) plagioklaasimanttelin ympäröimiä kalimaasälpäovoideja. Kuusankosken-litin alueella esiintyvälle tummalle

viborgiitille (kuva 10) on tyypillistä se, että siinä esiintyy pienten ovoidien lisäksi myös melko runsaasti suuria ovoideja (\varnothing 7-12 cm). Sen sijaan Kaipiaisen alueella ja Lappeenrannan eteläpuolella olevissa tummissa viborgiiteissa (kuva 1, tutkimuspisteet nro 19 ja 20) ei esiinny suuria ovoideja ollenkaan. Varsinkin Lappeenrannan alueella lähes kaikki ovoidit ovat läpimitaltaan 1-2 cm.

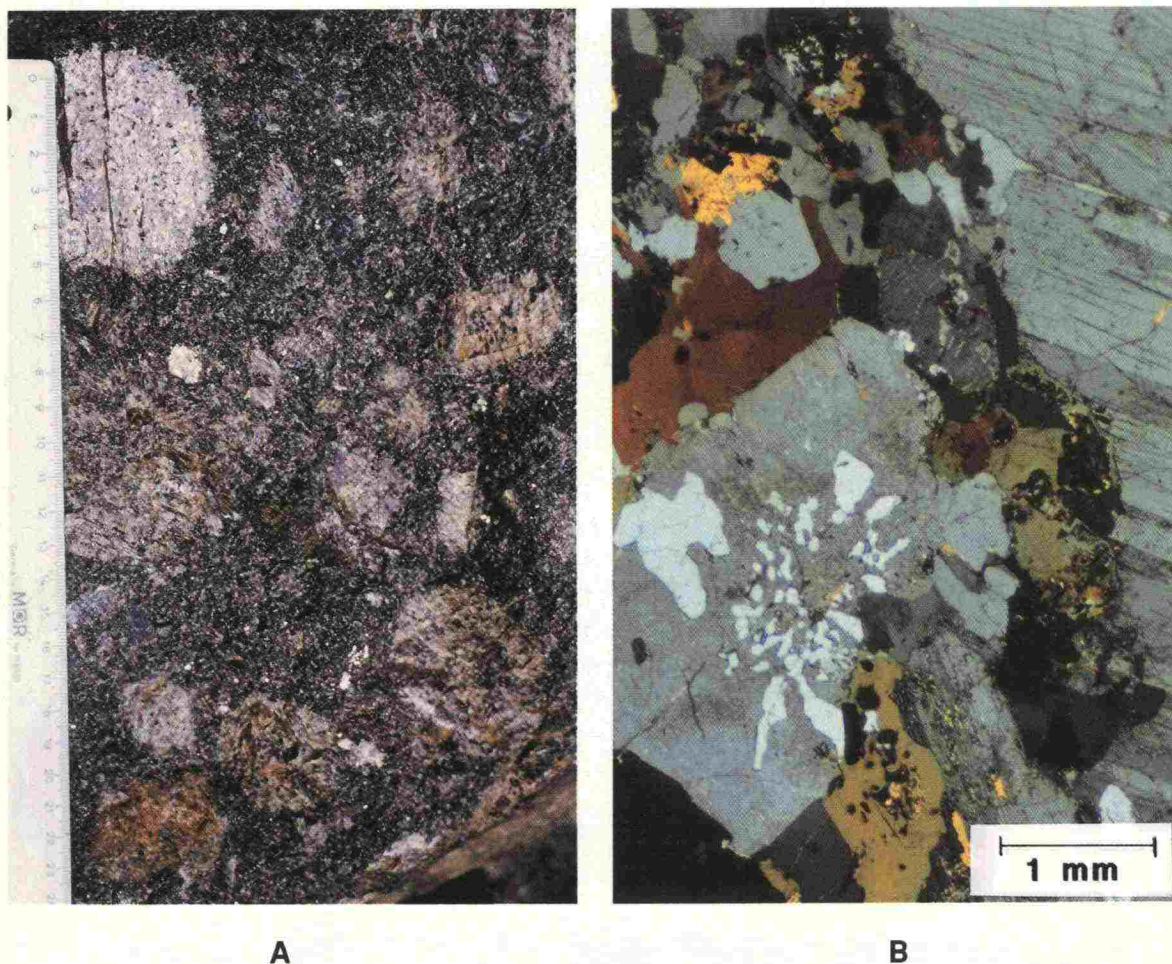
Kuusankosken-litin alueella esiintyvän tumman viborgiitin ovoidit ovat lähes täysin plagioklaasikehän ympäröimät ja tutkimuspisteiden nro 17 ja 18 alueella tumman viborgiitin vaihtuminen viborgiitiksi ei ole yleistä. Sen sijaan Kaipiaisen ja Lappeenrannan alueen tummille viborgiiteille on tyypillistä myös "pyterliittisten ovoidien" esiintyminen ja sekä tumman viborgiitin että viborgiitin esiintyminen. Viimeksi mainittujen alueiden kiviaines on luokiteltu tummaksi viborgiitiksi niiden tumman värisävyn ja niissä esiintyvän oliviinin ja iddingsiitin perusteella.

Ovoidien koon ja rakenteen lisäksi tutkitut tummat viborgiitit (6 kpl) eroavat toisistaan myös perusmassan osuuden ja raekoon suhteen, ovoideissa olevien sulkeumien, sekä mikrorakoilun määrän ja rapautumien osalta. Kuusankosken-litin alueen tummien viborgiittien perusmassan osuus on peräti 40-60 % kivistä, sen sijaan Kaipiaisen ja Lappeenrannan alueella vastaava prosenttiluku on 25-35 %.

Myös perusmassan raekoon suhteen esiintyy eroja; Kuusankosken-litin alueen tummat viborgiitit ovat raekooltaan keskirakeisia, sen sijaan Kaipiaisen alueen ja varsinkin Lappeenrannan alueen tummien viborgiittien perusmassassa on raekooltaan keski-karkearakeista. Varsinkin kvartsi ja sarvivälke esiintyvät yleisesti karkearakeisina (\varnothing 5-8 mm).

Kuten viborgiiteissa, myös tummissa viborgiiteissa suurin osa mineraaleista on raerajoiltaan suoraviivaisia tai pyöreähköjä ja varsinkin sarvivälke esiintyy yleisesti nauhoina ovoidien ympärillä. Tummissa viborgiiteissa (tutkituissa näytteissä) oliviini on yleisesti korvautunut iddingsiitillä. Kuusankosken-litin alueen tummien viborgiittien perusmassassa ja sulkeumina ovoideissa esiintyy yleisesti melko runsaasti hienorakeista kvartsia (\varnothing 0.05-0.3 mm). Sen sijaan Kaipiaisen ja Lappeenrannan alueen tummista viborgiiteista tämä kvartsi puuttuu.

Viborgiittien tapaan myös tummaa viborgiittia olevalle kallioperälle on tyypillistä rapautumien, murrosten ja rakoilujen esiintyminen. Varsinkin Kaipiaisen alueella olevassa tutkimuspisteessä nro 19 esiintyy rapautumia ja kiviaineksen rakoilu on hyvin selväpiirteistä. Tutkittujen tummien viborgiittien ohuthieitä tarkastellessa havaittiin, että kaikissa näytteissä näkyy selvä mikrorakoilu. Voimakkainta mikrorakoilu on Lappeenrannan alueen näytteessä nro 20.



Kuva 10. Tumma viborgiitti, Kivistenmäki, litti (tutkimuspiste nro 17). Louhitussa kalliopinnassa erottuu perusmassaa vaaleammat ovoidit (\varnothing 1-6 cm) selvästi (kuva A). Kuvan B oikeassa reunassa näkyy kalimaasälpäovoidin ympärillä oleva plagioklaasikehä. Perusmassassa näkyy kvartsin ja maasälpien lisäksi sarvivälkettä ja biotiittia (polarisaatiomikroskooppikuva, ristiniolit).

Fig. 10. Dark-coloured wiborgite at Kivistenmäki, litti (observation site no. 17). The photo (A) of a quarried bedrock surface shows clearly the ovoids (\varnothing 1-6 cm) which are lighter than the groundmass. The right side of the photomicrograph (B) presents a plagioclase mantle around the potassium feldspar ovoid. The groundmass minerals are, besides quartz and feldspars, hornblende and biotite. Crossed polars.

4.4 Pyterliitti

Pyterliittistä rapakiveä esiintyy useina, tavallisesti 3-20 km läpimitaltaan olevina alueina koko Viipurin batoliitin Suomen puoleisella osalla (kuva 1, sivulla 13). Pyterliitin osuus batoliitin kallioperästä on noin 6 %. Kuten viborgiitti ja tumma viborgiitti, myös pyterliitti on rakenteeltaan porfyyrinen rapakivi. Pyterliitissä on hyvin runsaasti 2-3 cm:n läpimittaisia ovoideja keskikarkearakeisessa perusmassassa. Viborgiiteissa ovoidien koko vaihtelee melko suuresti, mutta pyterliiteissä ei tavallisesti esiinny ollenkaan suuria ovoideja. Tutkittujen pyterliittien ovoidien läpimitta on 1-6 cm.

Pyterliitin selvin ero viborgiittiin ilmenee ovoidirakenteessa; pyterliitin kalimaasälpäovoidien ympärillä ei ole plagioklaasimanttelia. Tavallisesti pyterliittisessä kallioperässä esiintyy myös "viborgiittisia ovoideja". Näiden rapakivityyppien kesken esiintyy asteittaista vaihtumista; pyterliittiä oleva kiviaines muuttuu viborgiitiksi kun ovoideista yli 50 % on plagioklaasimanttelin ympäröimiä. Myös pyterliitin ja porfyyrisen rapakiven välillä esiintyy asteittaista vaihtumista.

Viipurin batoliitin alueella pyterliittistä kiviainesta on tutkittu viidessä tutkimuspisteessä (kuva 1, tutkimuspisteet 21-25). Ovoidien välissä olevan perusmassan osuus kivistä on vain 15-25 %, eli perusmassan määrä on vähäisempi kuin mitä se on yleensä viborgiitissa (20-30 %).

Pyterliitin mineraalikoostumus on hyvin samanlainen kuin viborgiitin. Pyterliitissä on kuitenkin vähän enemmän kalimaasälpää ja kvartsia, sekä vähemmän plagioklaasia ja tummia mineraaleja kuin viborgiitissa. Mineraalikoostumuksesta ja kalimaasälpäovoidien sisältämän suuren hematiittipigmentin johdosta pyterliitit ovat väriltään vaaleanpunaisia (kuva 11).

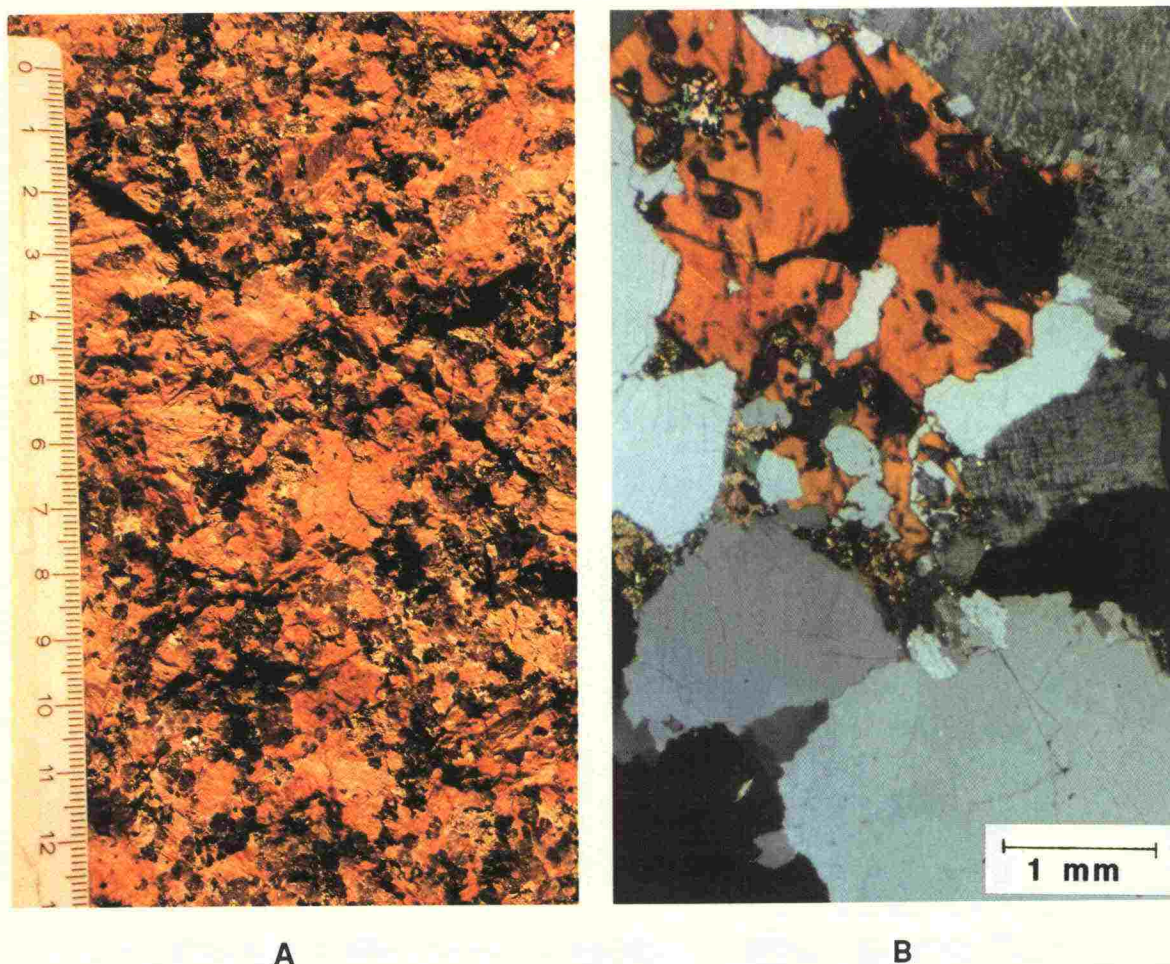
Viborgiiteissa esiintyy jonkin verran vaihtelua perusmassan määrän ja raekoon, sekä tekstuurekijöiden osalta. Tutkitut pyterliittinäytteet ovat sen sijaan sekä mineralogisesti että rakenteellisesti keskenään hyvin samanlaisia. Plagioklaasia esiintyy hyvin vähän, yleensä noin 10 %. Virolahden alueen pyterliiteissä (tutkimuspisteet nro 23, 24) plagioklaasin määrä on kuitenkin alle 10 % koko kiven mineraalikoostumuksesta. Tummissa mineraaleista sarvivälkettä on tavattu ainoastaan Anjalankosken luoteispuolella olevassa pyterliitissä (tutkimuspiste nro 21). Yleensä ainoa pyterliiteissä esiintyvä tumma mineraali on siten biotiitti ja sen muuttumistuloksena oleva kloriitti.

Viborgiitteihin verrattuna pyterliittien perusmassan mineraalit ovat raekooltaan kookkaampia. Varsinkin kvartsi ja paikoin myös biotiitti esiintyvät suurina (jopa Ø 10-15 mm), omamuotoisina rakeina. Usein pyterliittisessä kiviaineksessa kvartsirakeet ovat nauhoina ovoidien ympärillä. Tutkittujen pyterliittinäytteiden alkalimaasälpäovoideissa ei esiinny viborgiiteissa tavattavaa hienorakeista kvartsia.

Kuten viborgiittiselle kallioperälle, myös pyterliittiä olevalle kiviainekselle on tyypillistä rapautumien, murrosten ja rakoilujen esiintyminen. Erona on kuitenkin se, että kaikissa tutkituissa pyterliittinäytteissä esiintyy hyvin selväpiirteistä mikrorakoilua. Tutkituissa viborgiittinäytteissä vain osassa on näin selväpiirteinen ja voimakas mikrorakoilu. Osa pyterliiteissä esiintyvistä mikroraoista on täyttynyt serisiitillä, kloriitilla ja karbonaattilla. Pyterliittisen kiviaineksen heikko rakenne johtuu suurikokoisista, omamuotoisista mineraaleista, tummien mineraalien vähäisyydestä sekä runsaasta mikrorakoilusta.

4.5 Porfyyrinen rapakivigraniitti

Viipurin batoliitin Suomen puoleisesta kallioperästä porfyyrisen rapakivigraniitin osuus on vain noin 1 %. Viborgiittisen ja pyterliittisen kallioperän yhteydessä esiintyy usein vähäisessä määrin myös porfyyristä rapakivigraniittia. Tämä

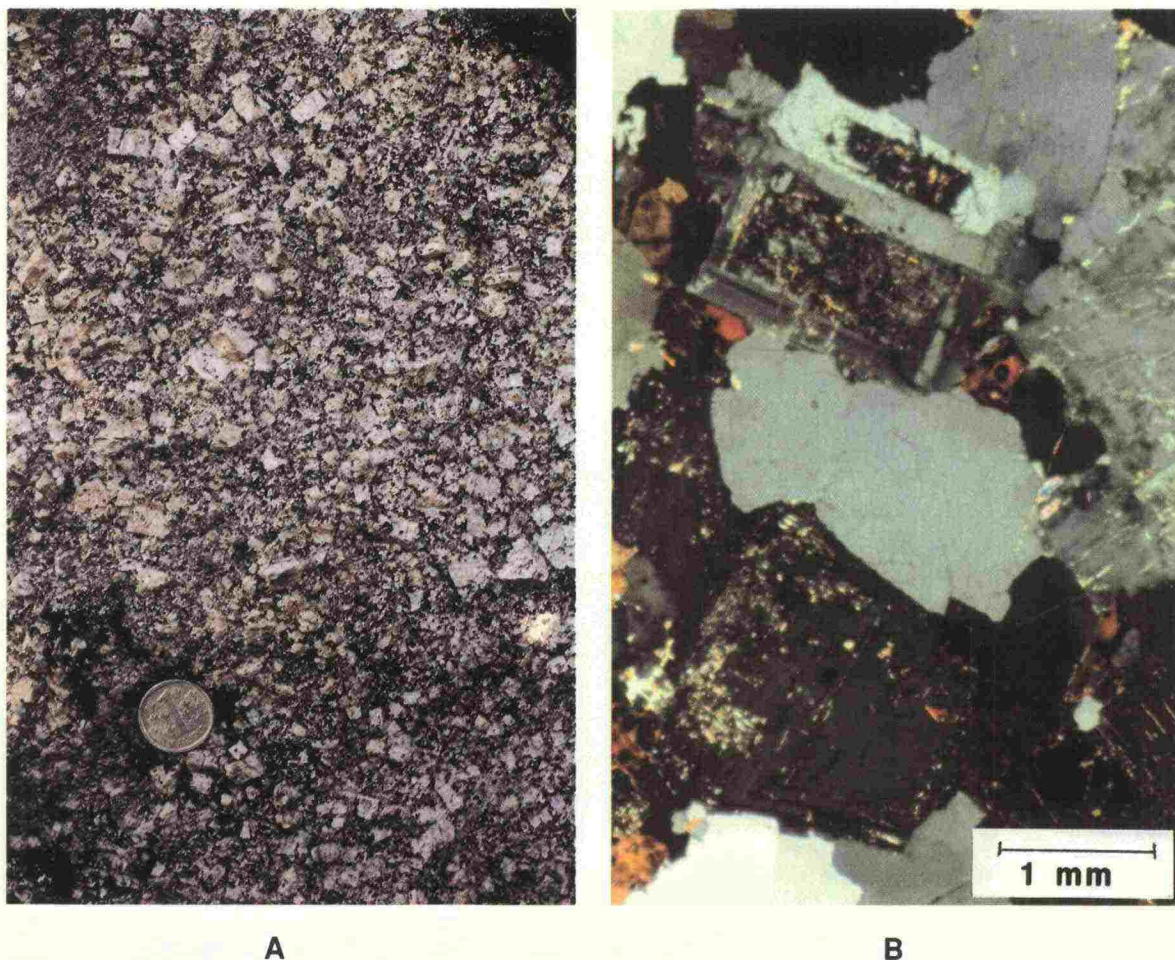


Kuva 11. Pyterliitti, Ristinkallio, Pyhtää (tutkimuspiste nro 22). Louhitussa kalliopinnassa näkyy pyterliitille tyypillinen rakeinen ja rikkonainen ulkoasu, sekä karkearakeinen kvartsi (kuva A). Kuvassa B näkyy heikko pyterliittinen rakenne; isot mineraalit ovat kalimaasälpää, kvartsia ja biotiittia. Kalimaasälpäövoldin reuna näkyy kuvan B oikeassa yläreunassa (polarisaatiomikroskooppikuva, ristiniolit).

Fig. 11. Pyterlite at Ristinkallio, Pyhtää (observation site no. 22). The quarried bedrock surface shows typical features of pyterlite; granular and cracking structure and coarse grained quartz (A). The photomicrograph presents a weak pyterlite structure; the large minerals are potassium feldspar, quartz and biotite. A rim of potassium feldspar is shown top right (B). Crossed polars.

rapakivityyppi esiintyy suurempialaisina jaksoina Jaalan, Savitaipaleen ja Lappeenrannan alueilla (kuva 1, sivulla 13). Porfyirisessä rapakivigraniitissa on hyvin runsaasti 1-6 cm:n pituisia, kulmikkaita kalimaasälpähajarakkeita keski-karkearakeisessa perusmassassa. Paikoin esiintyy kulmikkaiden hajarakkeiden lisäksi myös ovoideja.

Viipurin batoliitin alueella porfyyristä rapakivigraniittia olevaa kiviainesta on tutkittu tutkimuspisteissä 26-29 (kuva 1). Yleensä porfyyrinen rapakivigraniitti on väriltään punainen. Ainoastaan Lappeenrannan kaakkoispuolella esiintyvä porfyyrinen rapakivigraniitti, ns. Sinkon graniitti, on väriltään vaaleanharmaata



Kuva 12. Porfyyrinen rapakivigraniitti, Talpionmäki, Lappeenranta (tutkimuspiste nro 29). Kuvassa A näkyy porfyyriselle rapakivigraniitille tyypillinen rakenne; suurikokoiset, omamuotoiset maasälpärakeet. Kuvasta B voidaan nähdä tämän rapakivityypin heikon rakenteen johtuvan omamuotoisista, suurikokoisista maasälpä- ja kvartsirakeista (polarisaatiomikroskooppikuva, ristiniolit).

Fig. 12. Porphyritic rapakivi granite at Talpionmäki, Lappeenranta (observation site no. 29). Typical structure of the porphyritic rapakivi granite; large-sized, euhedral feldspar grains (A). The photomicrograph (B) shows that the weak structure of this rapakivi type is caused by euhedral, large-sized feldspar and quartz grains. Crossed polars.

(kuva 12). Mineraalikoostumukseltaan punainen porfyyrinen rapakivigraniitti on samanlainen kuin pyterliitti. Sen sijaan Sinkon graniitti eroaa muista tutkituista porfyyrisistä rapakivigraniiteista siten, että siinä esiintyy myös kulmikkaita plagioklaasihajarakeita. Sinkon graniitti sisältää siten selvästi enemmän plagioklaasia kuin muut porfyyriset rapakivigraniitit.

Porfyyrisissä rapakivigraniiteissa esiintyvä kvartsi on raekooltaan yleensä 5-15 mm muissa näytteissä paitsi Sinkon graniitissa, jossa se on 1-3 mm. Kaikissa tutkituissa porfyyrisissä rapakivigraniiteissa on tummana mineraalina biotiitti, sen sijaan sarvivälkettä ei esiinny. Porfyyrisen rapakivigraniitin heikko rakenne johtuu suurikokoisista, omamuotoisista mineraaleista ja tummien

mineraalien vähäisyydestä. Lisäksi biotiitti esiintyy tyypillisesti kasaumina, joka osaltaan heikentää kiven rakennetta.

Ainoastaan tutkimuspisteessä nro 26 (Jaalan alueella) esiintyy muista poikkeava porfyyrinen rapakivigraniitti. Tässä porfyyrisessä rapakivigraniitissa n:o 26.1 esiintyy tyypillisen keskirakeisen kvartsin lisäksi perusmassassa runsaasti myös hienorakeista kvartsia (\varnothing 0.2-1.0 mm) ja jonkin verran myös hienorakeista plagioklaasia, sekä vähäisessä määrin myös topaasia. Tämä porfyyrinen rapakivigraniitti kuuluu Jaalan-litin rapakivijuoneen. Samassa kallioleikkauksessa esiintyy myös tyypillistä, perusmassaltaan keskikarkearakeista porfyyristä rapakivigraniittia (tutkimuspiste nro 26.2).

Myös porfyyriselle rapakivigraniitille, kuten kaikille muille Viipurin batoliitin karkearakeisille rapakiville, on tyypillistä rapautumien, murrosten ja rakoilujen esiintyminen. Tämä tekijä vaikeuttaa "kunnollisten laboratorionäytteiden ottamista". Savitaipaleen kaakkoispuolella esiintyvälle porfyyriselle rapakivigraniitille (tutkimuspiste nro 28) on tyypillistä rapautumien esiintyminen, samoin Jaalan alueella (tutkimuspiste nro 27) olevalle porfyyriselle rapakivigraniitille. Näiden tutkimuspisteiden kiviaineksessa onkin havaittavissa selvää mikrorakoilua.

4.6 Tasarakeinen biotiittirapakivi

Tasarakeisen biotiittirapakiven osuus Viipurin batoliitin rapakivimuunnoksista on vain noin 4 %. Tämä rapakivityyppi esiintyy useina pieninä pahkuina varsinkin batoliitin länsiosassa Pyhtään, Loviisan, Koskenkylän ja Artjärven alueilla. Lisäksi sitä esiintyy Jaalan pohjoispuolella ja Lemin koillispuolella (kuva 1, sivulla 13). Näiden alueiden lisäksi tasarakeista biotiittirapakiveä esiintyy usein hyvin pienialaisina muodostumina varsinkin viborgiittisen kallioperän alueella.

Vaikka tasarakeisen biotiittirapakiven osuus batoliitin rapakivimuunnoksista on hyvin vähäinen, sitä on tutkittu peräti 17 tutkimuspisteessä (vrt. viborgiitin osuus noin 76 % batoliitin rapakivestä, tutkimuspisteitä 16). Kiviainekseltaan biotiittirapakiveä olevien tutkimuspisteiden (nro 30-46, kuva 1, sivulla 13) runsaus johtuu siitä, että raekoon ja tekstuuritekijöiden suhteen tämä rapakivityyppi vaihtelee melko runsaasti. Sen sijaan mineraalikoostumukseltaan kaikki biotiittirapakivet ovat hyvin samanlaisia; kalimaasälpä on hyvin runsas (50-60 %), samoin kvartsi (30-40 %), sen sijaan plagioklaasia on vähän (yleisesti alle 10 %). Myös biotiitin määrä on vähäinen (1-5 %), sen ollessa ainoa tumma mineraali. Biotiittirapakivien mineraalikoostumus on siis samanlainen kuin pyterliiteillä.

Viipurin batoliitin alueella esiintyvät biotiittirapakivet ovat yleensä raekooltaan keskirakeisia. Myös suurin osa (14/19) nyt tutkituista näytteistä on raekooltaan keskirakeisia. Tyypillisen biotiittirapakiven perusmassa koostuu pääasiassa omamuotoisista, keskirakeisista kalimaasälpä- ja kvartsirakeista. Samat mineraalit esiintyvät kivessä usein vähäisessä määrin myös isompina hajarakeina (\varnothing 5-10 mm). Biotiitti on usein kasautunut pesäkkeiksi (\varnothing 1-3 mm). Tutkituista näytteistä tyypillistä biotiittirapakiveä esiintyy tutkimuspisteissä nro 34.2 (Kouvolan eteläpuolella), 38 (Loviisan itäpuolella), 42 (Anjalankosken eteläpuolella) ja 46 (Lappeenrannan lounaispuolella).

Biotiittirapakiven, kuten myös muiden rapakivityyppien osalta on tässä tutkimuksessa korostuneesti jo laboratorionäytteidenottovaiheessa haettu mahdollisimman hyvin tienpäällystekiviaineeksi soveltuvia kiviaineita. Siten suurin osa tutkituista keskirakeisista biotiittirapakivista poikkeaa edellä kuvatusta perustyyppistä.

Tutkituissa, perustyyppistä poikkeavissa keskirakeisissa biotiittirapakivissa esiintyy kvartsia tavallista runsaammin ja tyypillisesti perusmassassa myös osaksi hienorakeisena (\varnothing 0.2-1.0 mm). Osassa biotiittirapakiven tutkimuspisteitä esiintyy hienorakeista kvartsia sekä perusmassassa että sulkeumina suuremmissa kalimaasälpähajarakeissa: Kouvolan etelä- (nro 34.1) ja kaakkoispuolella (nro 35), Anjalankosken länsi- (nro 40) ja eteläpuolella (nro 43) sekä batoliitin keskialueella, Saaramaan alueella (nro 45). Usein näissä kiviaineissa oleva kvartsi muodostaa mikrografisia rakenteita. Kolmessa tutkimuspisteessä varsinkin kvartsi esiintyy omamuotoisten mineraalien lisäksi myöskin vierasmuotoisina rakeina: Kausalan lounaispuolella (nro 30), Jaalan alueella (nro 33) ja Anjalankosken eteläpuolella (nro 43). Nämä tutkimusalueet sijaitsevat lähellä toisen rapakivityypin kontaktia.

Tutkituista näytteistä tutkimuspisteissä nro 36 (Pyhtään länsipuolella), 39 (Haminan länsipuolella) ja 41 (Anjalankosken eteläpuolella) esiintyvä biotiittirapakivi on raekooltaan karkearakeista. Näissä näytteissä kalimaasälpä ja osa kvartsista esiintyy karkearakeisina, omamuotoisina rakeina (\varnothing 5-12 mm). Biotiitti esiintyy tyypillisesti kasaumina (\varnothing 2-10 mm). Raekoosta ja tekstuurista johtuen rakenne on hyvin löyhä.

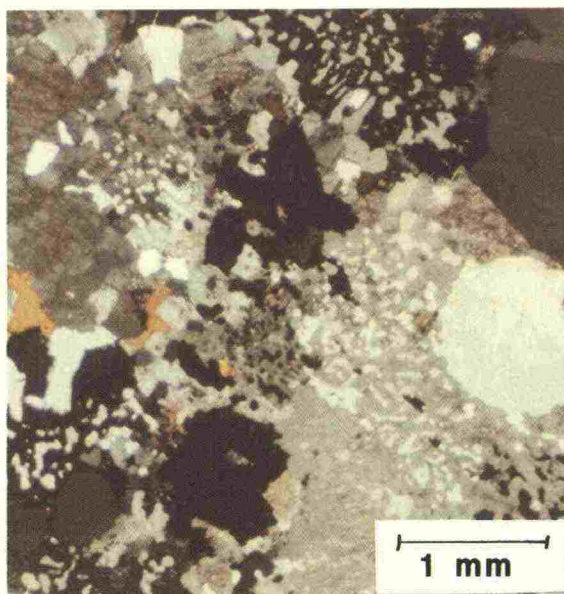
Hienorakeista biotiittirapakiveä havaittiin vain tutkimuspisteissä nro 31.1 (Artjärven lounaispuolella) ja 37 (Pyhtään länsipuolella). Artjärven hienorakeiden biotiittirapakivi esiintyy kalliroleikkauksessa lähes horisontaalisina kerroksina (leveys 1-2 m), vaihettuen noin 40 cm:n kerroksen jälkeen keskirakeisen biotiittirapakiven kanssa (nro 31.2). Artjärven ja Pyhtään alueiden hienorakeisten biotiittirapakivien perusmassa on hienorakeista ja tiivistä, hajarakeina esiintyy jonkin verran kalimaasälpä- ja kvartsirakeita (\varnothing 1-5 mm). Lisäksi Pyhtään alueen näytteessä esiintyy runsaasti hienorakeista kvartsia sulkeumina suuremmissa kalimaasälpähajarakeissa, muodostaen mikrografisia rakenteita.

Tutkituista biotiittirapakivinäytteistä suurin osa sijaitsee lähellä toisen rapakivityypin kontaktia. Tutkitut alueet ovat usein niin pieniä, että niitä ei ole merkitty mittakaavaltaan 1:100 000 oleville kallioperäkartoille. Tämä seikka osaltaan selittää näiden näytteiden poikkeavuuden "yleisestä biotiittirapakivestä". Lisäksi usein alueilla, joilla esiintyy biotiittirapakiveä ei ole vain yhtä tyyppiä vaan kahta-kolmea. Tutkimuspisteiden nro 31, 32 ja 34 alueella esiintyy useampaa erilaista biotiittirapakiveä. Selvin ero näiden alueiden sisällä olevien biotiittirapakivien välillä on niiden raekoossa.

Kuvassa 13 on esitetty tutkimuspisteessä nro 34 esiintyvät kaksi erilaista biotiittirapakiveä. Kallionpinnasta otetuista kuvista (kuvat A ja C) voidaan nähdä, että nämä biotiittirapakivet eroavat toisistaan raekoon suhteen. Mikroskooppikuvista voidaan lisäksi havaita, että näytteen nro 34.1 (kuva B) perusmassa on hieno-pienirakeista ja että siinä on runsaasti hienorakeista kvartsia sekä perusmassassa että sulkeumina kalimaasälpärakeissa. Sen sijaan näytteen nro 34.2 perusmassa on keski-karkearakeista ja siinä ei esiinny hienorakeista kvartsia.



A



B



C



D

Kuva 13. Tasarakeinen biotiittirapakivi, Takamaan kallioalue, Anjalankoski (tutkimuspiste nro 34). Kuvan A kiviaines (näyte nro 34.1) on raekooltaan selvästi pienempirakeisempi kuin kuvan C (näyte nro 34.2). Kuvan A kiviaineksen rakenne on tiivis ja sen perusmassassa on runsaasti varsinkin hienorakeista kvartsia mikrografisena yhteenkasvettumana kalimaasälvän kanssa (kuva B). Sen sijaan kuvan C kiviaineksen rakenne on löyhä (kuva D), johtuen suurista mineraalirakeista ja suorista raerajoista (polarisaatiomikroskooppikuvat, ristiniolit).

Fig. 13. Even-grained biotite rapakivi at Takamaa, Anjalankoski (observation site no. 34). The grain size of the sample no. 34.1 (A) is clearly smaller than in the sample no. 34.2 (C). The photomicrograph B shows that the structure of the sample no. 34.1 (A) is compact and its groundmass is rich in particularly fine-grained quartz, which forms micrographically intergrown textures with potassium feldspar. On the other hand the structure of the sample no. 34.2 (C) in photomicrograph D is loose, caused by large-sized mineral grains and straight grain boundaries. Crossed polars.

Tutkituilla alueilla, joilla esiintyy useampaa biotiittirapakiveä, eri tyyppien vaihtuminen tapahtuu hyvin lyhyellä matkalla. Tavallisesti vaihtuminen tapahtuu vertikaalisuunnassa, mutta tutkimuspisteessä nro 31 (kalliroleikkaus) vaihtuminen tapahtuu horisontaalisuunnassa.

Hieno- ja keskirakeisissa biotiittirapakivissa ei yleensä ole rapautumia ja murroksia, eikä niissä ole selvää mikrorakoilua. Sen sijaan karkearakeisille biotiittirapakiville on tyypillistä selvän mikrorakoilun esiintyminen, paikoin on myös havaittavissa rapautumia.

4.7 Kymin harmaa rapakivi

Tämä rapakivityyppi kuuluu Viipurin batoliitin nuorimpaan vaiheeseen. Kymin harmaata rapakiveä esiintyy vain Karhulan pohjoispuolisella alueella (tutkimuspiste nro 47, kuva 1, sivulla 13). Kymin harmaa rapakivi poikkeaa batoliitin muista rapakivimuunnoksista sekä mineraalikoostumuksensa että ulkonäkönsä perusteella. Tässä rapakivityypissä esiintyy runsaana aksessorisena mineraalina topaasia, joka yhdessä runsaan kvartsin (noin 40 %) ja vaaleiden maasälpien kanssa aiheuttaa kivelle luonteenomaisen vaalean värisävyyn. Biotiitti on ainoa tumma mineraali, joka usein esiintyessään pesäkkeinä erottuu muuten vaaleassa kivessä (kuva 14).

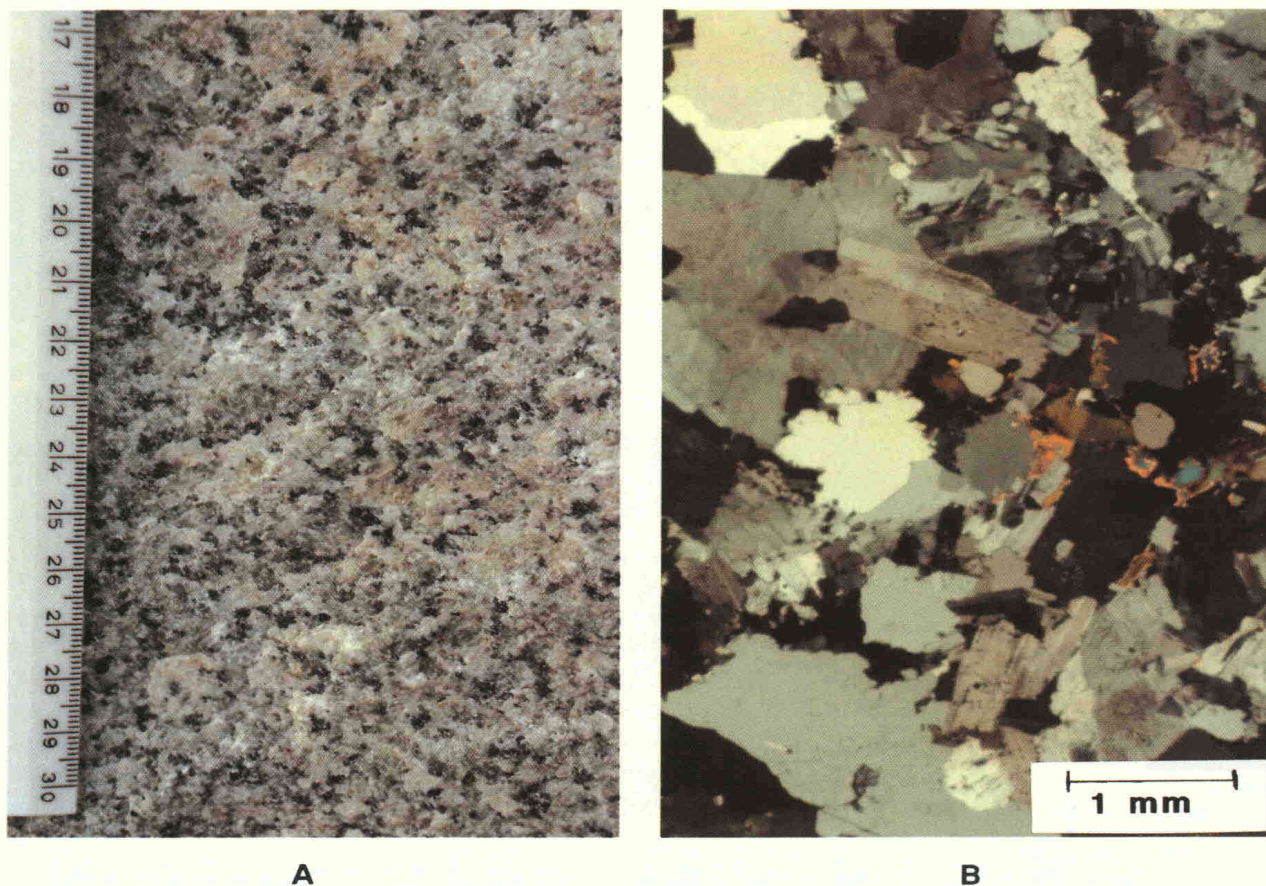
Kymin harmaa rapakivialue, graniittipahku, on keskiosaltaan porfyyrinen ja reunaosaltaan tasarakeinen. Tässä tutkimuksessa on tarkemmin selvitetty reunaosan kiviaineen koostumusta ja tekstuuria. Kvartsi, maasälvät ja topaasi ovat omamuotoisia, tasarakeisia (\varnothing 1-5 mm) mineraaleja. Tavallisesti vain kvartsi esiintyy vähäisessä määrin yli 5 mm:n rakeina. Hienorakeista perusmassaa on hyvin vähän. Kiviaineen tekstuuritekijöistä johtuen mineraalien väliset sidokset ovat löyhät.

Tutkimuspisteen nro 47 alueella on aikaisemmin louhittu tasarakeista Kymin harmaata rapakiveä rakennuskiveksi. Toiminta on kuitenkin lopetettu pääasiassa kallioperän liian runsaan rakoiluominaisuuden johdosta. Kallioperän voimakkaan rakoilun seurauksena alueella esiintyy myös jonkin verran rapautumia.

4.8 Sarvivälkerapakivi

Sarvivälkerapakiven osuus Viipurin batoliitin kallioperästä on samaa luokkaa kuin tasarakeisen biotiittirapakiven, eli noin 4 %. Tätä rapakivimuunnosta esiintyy laajempina alueina Lappeenrannan eteläpuolella, Jaalan-litin alueella sekä Haapasaaren saaristossa. Tyypillinen sarvivälkerapakivi on väriltään ruskeanpunaista, Haapasaaren saaristossa kivi on kuitenkin väriltään harmahtavaa. Kaikilla näillä alueilla sarvivälkerapakiven yhteydessä tavataan myös tummaa tasarakeista rapakiveä. Näiden rapakivimuunnosten välillä esiintyy asteettaista vaihtumista.

Lappeenrannan alueella esiintyvää sarvivälkerapakiveä (ns. Lappeen graniittia) on selvitetty tutkimuspisteissä nro 53-57 (kuva 1, sivulla 13). Havaintojen perusteella Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivi on melko homogeenista

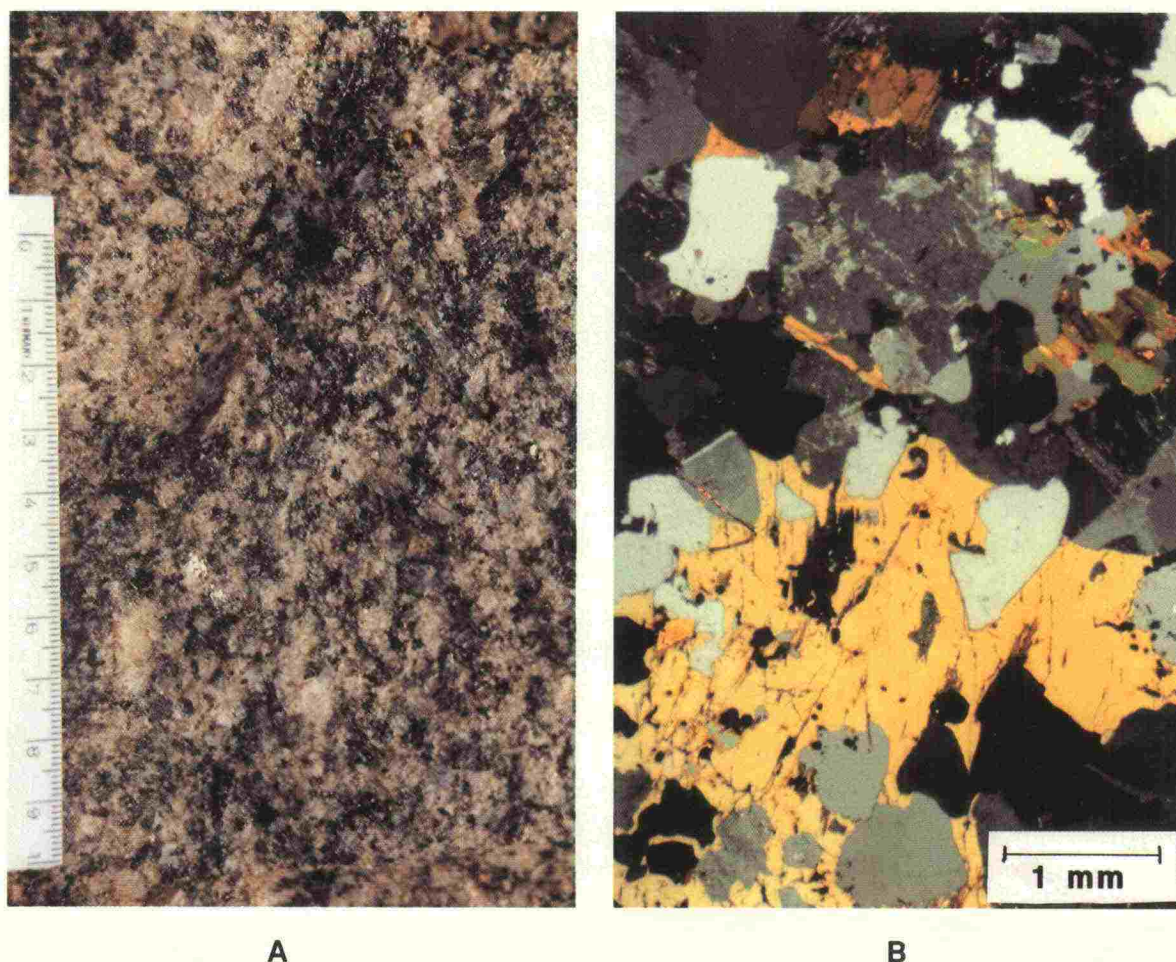


Kuva 14. Kymin harmaa rapakivi, Kivimäki, Kotka (tutkimuspiste nro 47). Kvartsi, maasälvät ja topaasi aiheuttavat tälle kivilajille tyypillisen vaalean värisävyn, jossa näkyy selvästi pesäkkeinen biotiitti (kuva A). Kiven granulaarisen rakenteen johdosta mineraalien väliset sidokset ovat löyhät (kuva B: polarisaatiomikroskooppikuva, ristinikolit).

Fig. 14. Grey Kymi rapakivi at Kivimäki, Kotka (observation site no. 47). Quartz, feldspars and topaz cause the typical light tint of this rapakivi type, where the focused biotite is clearly presented (A). The photomicrograph (B) shows that because of the granular structure the links between minerals are loose. Crossed polars.

koko alueella, suuria vaihteluja ei esiinny. Tyypillisesti kalimaasälvän osuus kiviaineksesta on noin 40 %, plagioklaasin 25 %, samoin kvartsin sekä sarvivälkkeen yleensä noin 10 %. Tutkimuspisteen nro 54 kiviaineksessa sarvivälkkeen määrä on kuitenkin noin 15 % ja nro 55 on ainoa paikka, jossa biotiittia on enemmän kuin sarvivälkettä.

Lappeenrannan alueella esiintyvän sarvivälkerapakiven mineraalit ovat tyypillisesti omamuotoisia, keskirakeisia, raekoon ollessa yleensä 2.5-5.0 mm. Varsinkin maasälvät ja sarvivälke esiintyvät vähäisessä määrin myös suurempina rakeina (\varnothing 5-15 mm). Hienorakeinen perusmassa puuttuu lähes täysin. Kaikissa tutkituissa näytteissä esiintyy vähän pienikokoisia ovoideja (\varnothing 1-2 cm). Tyypillisesti kvartsi ja maasälvät esiintyvät sulkeumina suurissa sarvivälke- ja biotiittirakeissa (kuva 15).



Kuva 15. Sarvivälkerapakivi, Väinänpäänmäki, Lappeenranta (tutkimuspiste nro 53). Keskirakeinen kiviaines, jossa sarvivälkettä on runsaasti (kuva A). Granulaarinen rakenne, jossa varsinkin kvartsi esiintyy sulkeumina sarvivälkkeessä (kuva B: polarisaatiomikroskooppikuva, ristiniolit).

Fig. 15. Hornblende rapakivi at Väinänpäänmäki, Lappeenranta (observation site no. 53). Medium grain sized mineral aggregate with rich occurrence of hornblende (A). The photomicrograph B presents the granular structure, where quartz, in particular, occurs as inclusions in hornblende grains. Crossed polars.

Saimaan kanavan lähellä olevassa tutkimuspisteessä nro 55 oleva sarvivälkerapakivi on raekooltaan karkearakeinen (\varnothing 5-7 mm). Tässä näytteessä oleva plagioklaasi on voimakkaasti serisiittiytynyttä. Lappeenrannan alueen tutkimuspisteiden kiviaineksissa vain kahdessa esiintyy selvää mikrorakoilua (nro 56 ja 57). Niissä oleva plagioklaasi on selvästi serisiittiytynyttä, sarvivälke on korvautunut biotiitilla, biotiitti kloriitilla ja oliiviini esiintyy relikteinä. Tutkimuspisteiden nro 56 ja 57 kallioperässä esiintyy myös rapautumia.

Jaalan-litin alueella olevan, noin 25 km pitkän ja alle 2 km leveän, sarvivälkerapakivijuonen (kompleksin) kiviaines on Salonsaaren & Haapalan (1991) mukaan hybridistä sarvivälkerapakiveä, joka on syntynyt emäksisen ja happaman magman sekoittumisen tuloksena. Erilaisesta syntytavasta johtuen Jaalan-litin juonen kiviaines eroaa Lappeenrannan alueen vastaavasta kivilajista

sekä mineraalikoostumuksen että tekstuurin puolesta. Jaalan-litin aluetta on tutkittu tutkimuspisteissä nro 48-50 (kuva 1). Kaikissa tämän alueen tutkimuspisteissä kivessä esiintyy kolmea raekokopopulaatiota: maasälvät esiintyvät pääasiassa suurimpina rakeina (\varnothing 2.5-5.0 mm), kvartsi, maasälvät, sarvivälke ja biotiitti keskikokoisina rakeina (\varnothing 0.5-2.5 mm) ja hienorakeinen perusmassa (\varnothing 0.05-0.5 mm) muodostuu pääasiassa maasälvistä ja kvartsista. Perusmassassa esiintyy yleisesti kvartsin ja maasälvän sekä myös paikoin sarvivälkkeen ja gruneritiin yhteenkasvettumia (kuva 16).

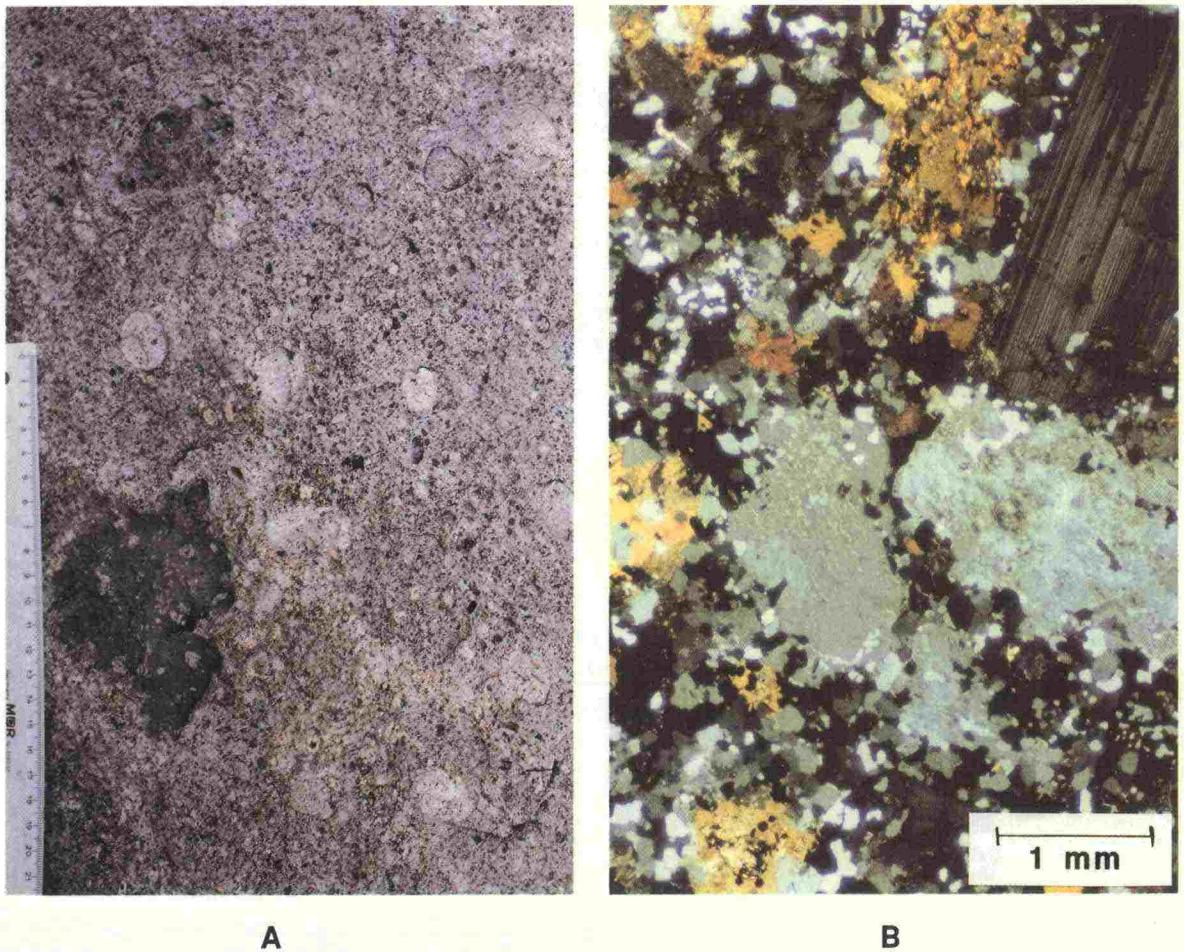
Jaalan alueen tutkimuspisteen nro 50 toisessa näytteessä nro 50.2 perusmassa on raekooltaan vähän karkeampaa (0.3-0.6 mm). Perusmassan mineraaleina ovat maasälvät, kvartsi, sarvivälke ja biotiitti. Vaikka tässä näytteessä kuten muissakin perusmassa on granulaarista, niin se on tiivistä.

Jaalan-litin juonen sarvivälkerapakivessä esiintyy varsinkin kvartsi yleisesti ja paikoin myös maasälvät sulkeumina sarvivälkkeessä ja biotiitissa. Oliiviini esiintyy aksessorisena mineraalina vain yhdessä näytteessä (nro 49.1). Tässä näytteessä esiintyy myös iddingsiittiä. Tästä tutkimuspisteestä otettiin myös toinen näyte, vain noin 20 m:n päästä. Näytteessä (nro 49.2) ei kuitenkaan esiinny oliiviinia eikä iddingsiittiä. Aksessoristen mineraalien suhteen kallioperän koostumus vaihtelee siten jo melko lyhyelläkin matkalla. Iddingsiittiä on myös näytteessä nro 50.1.

Jaalan-litin juonen länsipäässä olevan tutkimuspisteen nro 48 kiviaineksessa esiintyy melko runsaasti sulkeumina vanhempaa kiviainesta. Tällä alueella ei ole havaittavissa selviä rapautumia, eikä myöskään runsasta mikrorakoilua. Sen sijaan juonen itäpäässä, Jaalan alueella, esiintyy rapautumia ja paikoin selväpiirteistä mikrorakoilua, jonka havaitsee polarisaatiomikroskooppitutkimuksen avulla. Esim. tutkimuspisteen nro 49 toisessa kivinäytteessä (nro 49.2) esiintyy runsasta mikrorakoilua.

Lappeenrannan ja Jaalan-litin alueiden lisäksi sarvivälkerapakiveä on tutkittu myös kahdella muulla alueella. Nämä havaitut esiintymät ovat kuitenkin laajuudeltaan pieniä, vain muutaman hehtaarin kokoisia. Pyhtään länsipuolella ja Haminan pohjoispuolella olevien tutkimuspisteiden kiviainekset (kuva 1, tutkimuspisteet nro 51 ja 52) on luokiteltu sarvivälkerapakiveksi niiden tekstuurin ja niissä selvästi esiintyvän sarvivälkkeen perusteella. Näiden tutkimuspisteiden kiviaines muistuttaa Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakiveä. Lappeenrannan alueen kivissä sarvivälkepitoisuus on kuitenkin suurempi, yleensä noin 10 %. Sen sijaan varsinkin Haminan alueen sarvivälkerapakivessä kvartsi on raekooltaan pienempää (\varnothing 0.5-1.5 mm) kuin Lappeenrannan alueen vastavissa kivissä.

Haminan pohjoispuolisen sarvivälkerapakiven kontaktit ympäröivään kallioperään ovat suhteellisen terävät. Sekä pohjois- että eteläpuolella sarvivälkerapakivi rajoittuu lähes itä-länsisuuntaisesti viborgiittiin, jonka eteläpuolinen alue on selvästi rapautunutta. Haminan ja Pyhtään alueiden sarvivälkerapakivissä esiintyy vähäisessä määrin ovoideja (\varnothing 1-3 cm).



Kuva 16. Sarvivälkerapakivi, Lokonmäki, litti (tutkimuspiste nro 48). Hieno-pienirakeinen perusmassa, jossa on vähän ovoideja, sekä sulkeumina diabaasia (kuva A). Mineraalien vaihtelevasta raekoosta ja hienorakeisuudesta johtuen kiviaines näyttää tiiviiltä (kuva B: polarisaatiomikroskooppikuva, ristiniikit).

Fig. 16. Hornblende rapakivi at Lokonmäki, litti (observation site no. 48). Fine-small grain sized groundmass with few ovoids and diabase xenolithes (A). The photomicrograph B shows that because of the altering grain size and the fine-grained size distribution the mineral aggregate looks compact. Crossed polars.

4.9 Tumma tasarakeinen rapakivi

Tummaa tasarakeista rapakiveä esiintyy pääasiassa vain Lappeenrannan ja Ylämaan ympäristössä Viipurin batoliitin itäosassa, sekä vähäisessä määrin Jaalan-litin sarvivälkerapakiven yhteydessä ja Haapasaaren saaristossa Suomenlahdella. Tumma tasarakeinen rapakivi eli tiriliitti on yleisväriltään tummanvihreä tai tummanharmaa ja siinä esiintyy yleisesti harvakseltaan kulmikkaita maasälpärakeita ja ovoideja (\varnothing 1-3 cm). Tämän rapakivityypin osuus batoliitin kiviaineksesta on vain noin 3 %.

Tummaa tasarakeista rapakiveä on tässä tutkimuksessa selvitetty tutkimuspisteissä nro 58-63, jotka kaikki sijaitsevat Lappeenrannan ja Ylämaan alueilla (kuva 1, sivulla 13). Päämineraalien (maasälvät, kvartsi) osalta vain tutkimuspisteen nro 62 kiviaines eroaa muista. Muissa näytteissä päämineraalit ovat suurimmaksi osaksi keskirakeisia (\varnothing 2-5 mm) ja maasälvät esiintyvät harvakseltaan myös isompina rakeina (\varnothing 5-12 mm). Varsinkin kvartsi esiintyy myös osaksi hienorakeisena (\varnothing 0.3-1.0 mm) ja usein sitä on perusmassan lisäksi myös sulkeumina maasälvissä ja sarvivälkkeessä.

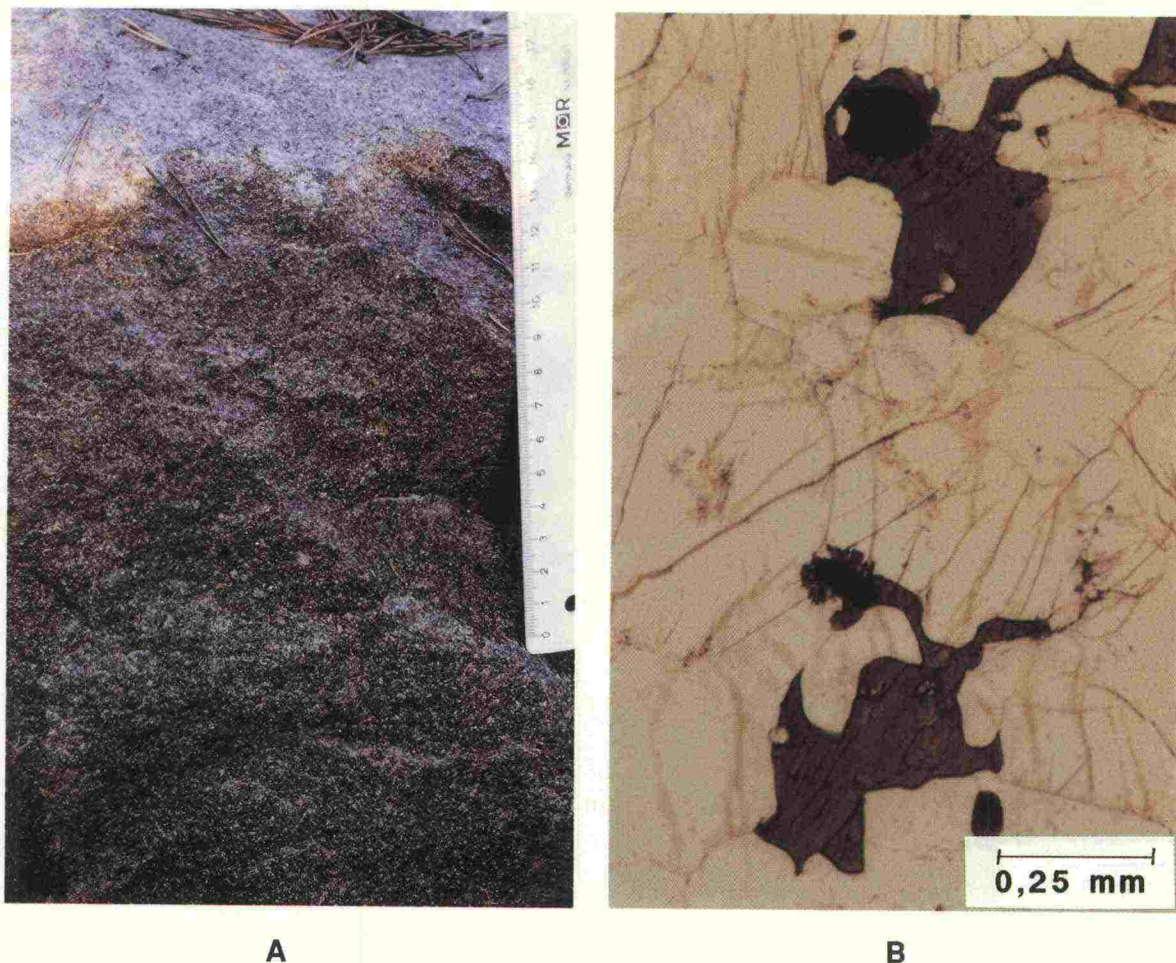
Tutkimuspisteen nro 62 kiviaines poikkeaa muista tutkituista näytteistä mineraalien pienemmän raekoon perusteella. Tämän tutkimuspisteen kiviaineksen päämineraalit ovat raekooltaan 1-3 mm ja kvartsi on runsas myöskin hienorakeisena (\varnothing 0.1-0.3 mm). Tässä tutkimuspisteessä, kuten muissakin, esiintyy aksessorisina tummina mineraaleina sarvivälkettä, oliviinia ja biotiittia, sekä näiden muuttumistuloksena gruneriiittia, iddingsiittia ja kloriittia. Varsinkin tutkimuspisteessä nro 62 esiintyy runsaana pirotteena magnetiittia, joka on osaksi myös pesäkkeistä.

Tiriliittinen kallioperä on pintaosaltaan (ainakin 1 m:n syvyyteen asti) rapautunut kaikkien tutkimuspisteiden alueella. Siten laboratorionäytteiden ottaminen on usein hyvin vaikeaa. Lappeenrannan länsipuolen (nro 58, 59) sekä Ylämaan alueella tutkimuspisteessä nro 62 olevan tiriliittisen kallioperän pintaosan osittaisen rapautumisen havaitsee vasta ohuthietutkimuksen avulla, muissa tutkimuspisteissä jo silmämääräisen tarkastelun perusteella. Kuvasta 17A havaitaan, että kallio on pintaosaltaan rapautunut selvästi noin 20 cm:n syvyyteen saakka. Kuvassa 17B näkyy hyvin selvästi voimakas mikrorakoilu, joka on ilmeisesti edistänyt rapautumista. Kuvan 17B ohuthie on tehty noin 0.5 m:n syvyydellä kallionpinnasta olleesta kiviaineksestä. Varsinkin näytteissä nro 60.2 ja 61.2 mikrorakoilu on hyvin runsasta ja raot ovat osaksi täytteisiä (serisiitti, karbonaatti). Näiden tutkimuspisteiden rinnakkaisissa näytteissä nro 60.1 ja 60.2 on selvästi vähemmän mikrorakoilua, vaikka ne on otettu vain noin 10 m:n päästä.

4.10 Porfyryripliitti

Porfyryripliittisen rapakiven osuus Viipurin batoliitin kallioperästä on alle 1 %. Laajimmat porfyryripliittialueet sijaitsevat batoliitin länsiosassa Loviisan, Koskenkylän ja Lapinjärven alueilla. Batoliitin itäosassa tätä rapakivityyppiä esiintyy Virolahden ja Miehikkälän alueilla. Hyvin pienialaisina esiintyminä (yleensä alle 1 ha) porfyryripliittia on lisäksi esim. Valkealan, Jaalan ja Elimäen alueilla.

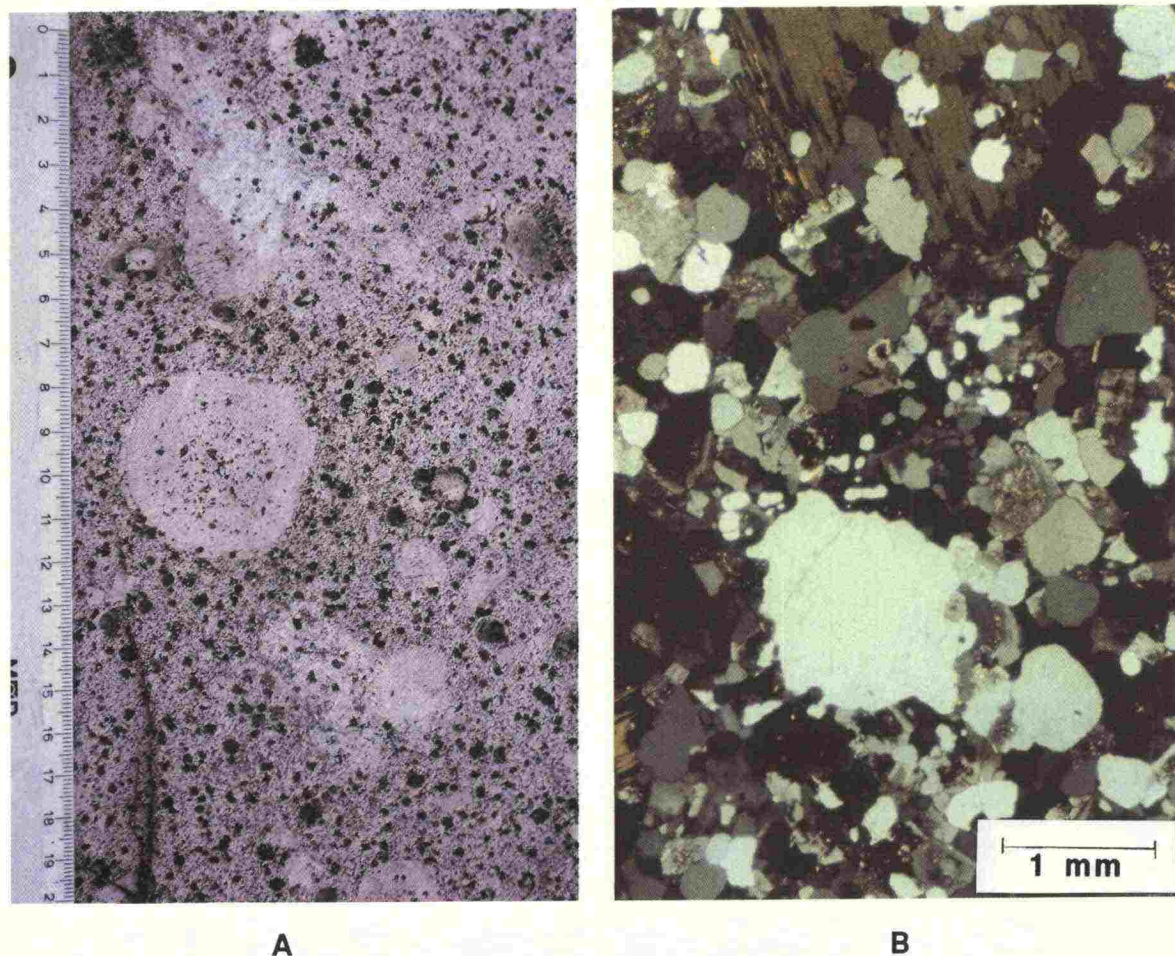
Tässä tutkimuksessa porfyryripliittia on selvitetty tutkimuspisteissä nro 64-67 (kuva 1, sivulla 13), joista tutkimuspisteiden nro 64-66 alueella oleva porfyryripliittinen kallioalue on pinta-alaltaan alle 1 ha. Porfyryripliitissa esiintyy tavallisesti harvakseltaan viborgiittisia ovoideja (\varnothing 2-3 cm) sekä 2-10 mm läpimittaisia hajarakeita (ms, kv, bt) hienorakeisessa, granulaarisessa perusmassassa (kuva 18). Porfyryripliitti vastaa mineraalikoostumukseltaan pyteriittiä ja useimpia biotiittirapakiviä. Tutkituissa näytteissä kalimaasälpää on 45-60 %, kvartsia 25-40 % ja plagioklaasia noin 10 %. Biotiitti on ainoa tumma mineraali.



Kuva 17. Tumma tasarakeinen rapakivi, Kivelä, Ylämaa (tutkimuspiste nro 63). Kiviaines on ulkoasultaan melko tiiviin näköistä; yläosa on selvästi rapautunutta (kuva A). Kiviaineksessa on runsasta mikrorakoilua; tumma mineraali on sarvivälke (kuva B: polarisaatiomikroskooppikuva, yksi nikoli).

Fig. 17. Dark-coloured, even-grained rapakivi at Kivelä, Ylämaa (observation site no. 63). By textural features this mineral aggregate looks rather compact. Upper part of the mineral aggregate is clearly weathered (A). The photomicrograph B shows abundant microjointing, the mafic mineral is hornblende. Parallel nicols.

Kvartsia esiintyy perusmassan ($\varnothing 0.3-1.0$ mm) ja hajarakeiden lisäksi myöskin sulkeumina kalimaasälvässä. Varsinkin Elimäen alueen tutkimuspisteen nro 66 kiviaineksessa esiintyy hienorakeista kvartsia ($\varnothing 0.05-0.3$ mm) runsaasti sulkeumina kalimaasälpärakeissa. Kaikilla tutkimusalueilla porfyriapliittinen kallioperä vaihtuu vähitellen ympäröivän kallioperän kanssa. Virolahden alueella olevassa tutkimuspisteessä nro 67 porfyriapliitin vaihtuminen viborgiitiksi tapahtuu noin viiden metrin matkalla.



A

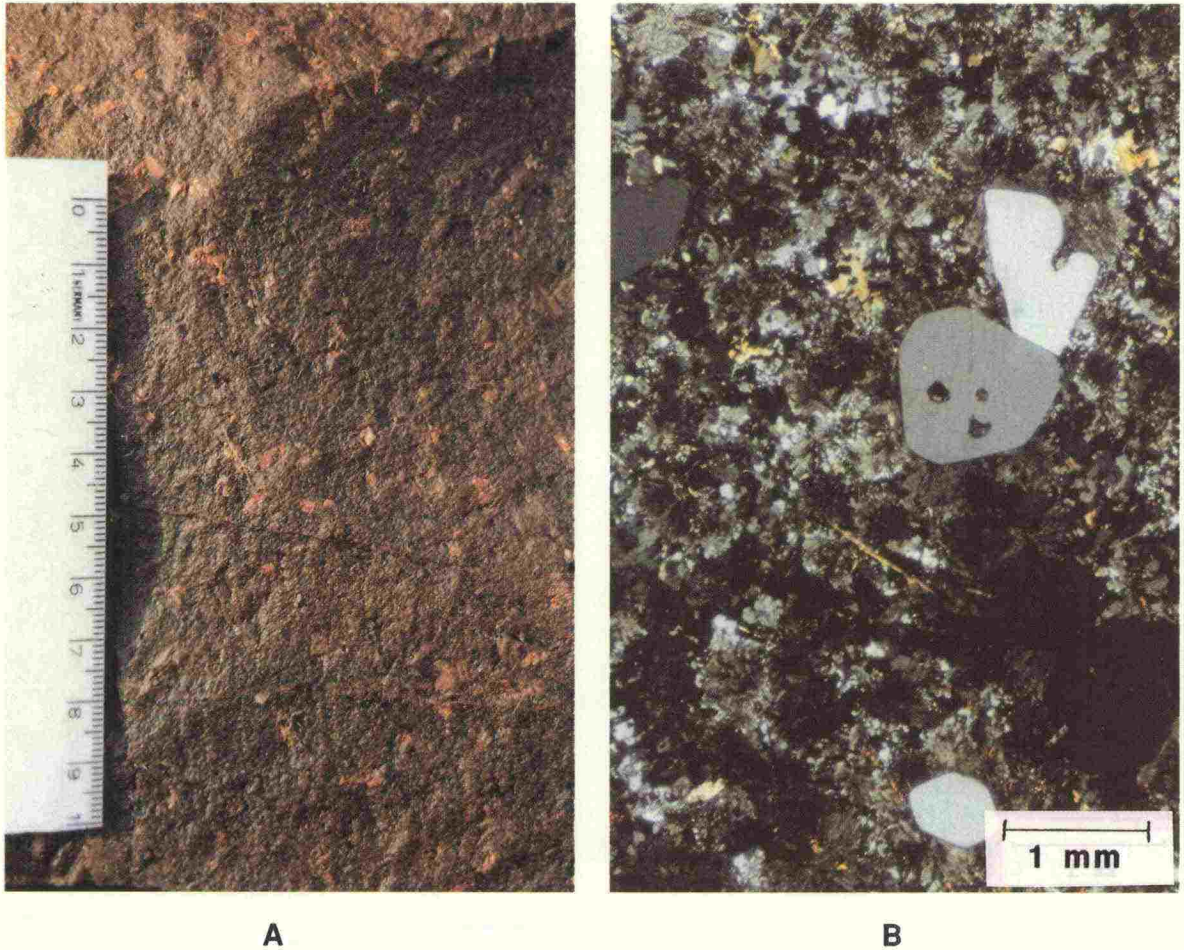
B

Kuva 18. Porfyriapliitti, Paskomäki, Virolahti (tutkimuspiste nro 67). Hienorakeinen perusmassa, jossa näkyy tummia kvartsirakeita sekä ovoideja (kuva A). Perusmassan omamuotoiset mineraalit ovat sitoutuneet toisiinsa verraten suorien rajapintojen: rakenne on löyhä (kuva B: polarisaatiomikroskooppikuva, ristiniolit).

Fig. 18. Porphyry aplite at Paskomäki, Virolahti (observation site no. 67). Fine-grained groundmass with dark quartz grains and ovoids (A). The photomicrograph B shows that the structure of groundmass is loose caused by the euhedral minerals and quite straight grain boundaries. Crossed polars.

4.11 Kvartsiporfyri

Varsinaista Viipurin batoliittia leikkaavia kvartsiporfyrijuonia esiintyy Haminan luoteispuolella sekä kaakkoispuolella Suomenlahden saaristossa. Tutkimuspisteen nro 68 (kuva 1) kvartsiporfyrijuoni Haminan alueella on pystyasentoinen, leveyden ollessa 1-4 m. Väriltään kiviaines on ruskeanpunaista. Kiviaineksen perusmassa on raekooltaan hienorakeista ($\varnothing < 0.5$ mm) ja se koostuu pääasiassa kvartsista ja maasälvistä (kuva 19).



Kuva 19. Kvartsiporfyry, Kärenkulma, Hamina (tutkimuspiste nro 68). Hienorakeinen, tiivis perusmassa, jossa on kvartsi- ja kalimaasälpähajarakeita (kuva A). Perusmassassa sferuliittiset rakenteet ovat yleisiä (kuva B: polarisaatiomikroskooppikuva, ristiniolit).

Fig. 19. Quartz porphyry at Kärenkulma, Hamina (observation site no. 68). Fine-grained, compact groundmass with quartz and potassium feldspar phenocrysts (A). The photomicrograph B shows that the groundmass is rich in spherulitic textures. Crossed polars.

5 RAPAKIVITYYPPIEN TEKNISET OMINAISUUDET

5.1 Yleistä

Tiettyyn tienpäälystyskohteeseen vaadittavalle kiviainekselle (murskeelle) asettaa vaatimukset ko. tien liikennemäärät. Päälystekiviainesten on täytettävä pistekuormitusindeksille I_s (50) ja hioutuvuusluvulle asetetut vaatimukset, jolloin kiviaineksen laatuluokka määräytyy huonomman ominaisuuden perusteella. Jos pistekuormitusindeksiä ei ole määritetty, päälystekiviaineksen on täytettävä hioutuvuudelle, parannetulle haurausarvolle ja Los Angeles -luvulle asetetut vaatimukset (taulukko 3). Jos tällöin kaksi kolmesta laatuominaisuudesta määrittää kiviaineksen samaan laatuluokkaan, laatuluokka on tämän mukainen. Jos kaikki kolme laatuominaisuutta määrittävät kiviaineksen eri laatuluokkaan, otetaan kiviaineksen laatuluokaksi keskimäinen (Tielaitos 1991a:5).

Kiviaineksen muotoluokka määräytyy puikkoisuuden tai liuskeisuuden perusteella riippuen siitä, kumman mukainen muotoluokka on huonompi (taulukko 4). Muotoluokkamääritykset tehdään normaalisti lajitteesta 8-12 mm, mutta jos murskaustuote ei sisällä tätä lajitetta muotoluokkamääritykset tehdään lajitteesta 12-16 mm (Tielaitos 1991a:6).

Taulukossa 5 on esitetty päälystemurskeiden käyttötarkoitukseen ja ajoneuvojen liikennemäärään perustuvat murskeiden vähimmäislaatuluokat. Kun päälyste tehdään kiviaineslajitteista, tulee karkean lajitteen täyttää taulukon 5 laatuluokkavaatimukset. Työkohtaisesti voidaan käytettävälle murskeelle asettaa taulukkoa 5 lievemmat laatuvaatimukset, jos se tienpidon ja liikenteen kokonaiskustannukset huomioivien vertailulaskelmien perusteella on edullista (Tielaitos 1991b:9).

Kiviaineksen (murskeen) lujuuden vaikutus päälysteen kulutuskestävyyteen on suurempi kuin muoto-ominaisuuksien. Siten usein käytännössä, jos murskeen lujuusominaisuudet täyttävät käyttökohteen asettamat vaatimukset, muotoluokkavaatimusten pienet ylitykset sallitaan.

Tässä tutkimuksessa tutkittu rapakiviaines on ennen laboratoriotutkimuksia murskattu Kymen tiepiirin keskuslaboratoriossa. Murskaus on tehty kaksivaiheisella murskaimella, jonka ensimmäisessä vaiheessa 10-15 cm läpimitaltaan olevat kivet murskattiin leukaväliltään noin 25 mm olevassa leukamurskaimessa. Tämän jälkeen murskaimen asetuksia muutettiin siten, että toisen murskauksen aikana leukaväli oli noin 12 mm.

Saadusta murskeesta seulottiin laboratoriotutkimuksia varten tarvittava kiviainesfraktio, josta määritettiin ko. näytteen kiintotiheys, muotoarvo, Los Angeles -luku, parannettu haurausarvo ja hioutuvuusluku. Pistekuormitusindeksin määrittystä varten kairattiin koekappaleet Kymen tiepiirin ras-
kaalla kairalla.

Taulukko 3. Murskeiden lujuusluokat ja niiden vaatimusrajat (Tielaitos 1991a:6).

Table 3. The strength classes and the quality classification of crushed aggregates.

Lujuusluokka	Pistekuormitusindeksi Is (50)	Hioutuvuusluku	Parannettu haurausarvo	Los Angeles luku
Strength class	Point load strength index	Abrasion value	Swedish impact value	Los Angeles value
A	≥ 13	≤ 1.8	≤ 18	≤ 20
I	≥ 11	≤ 2.3	≤ 22	≤ 25
II	≥ 9	≤ 2.8	≤ 26	≤ 30
III	≥ 7	≤ 3.3	≤ 30	≤ 35

Taulukko 4. Murskeiden muotoluokat ja niiden vaatimusrajat (Tielaitos 1991a:6).

Table 4. The form classes and the quality classification of crushed aggregates.

Muotoluokka Form class	Muoto Form			
	Puikkoisuus (c/a) Elongation (c/a)		Liuskeisuus (b/a) Flakiness (b/a)	
	Tutkittu lajite, mm Studied fraction, mm		Tutkittu lajite, mm Studied fraction, mm	
	8 - 12	12 - 16	8 - 12	12 - 16
A	≤ 2.5	≤ 2.25	≤ 1.5	≤ 1.4
I	≤ 2.5	≤ 2.25	≤ 1.7	≤ 1.6
II	≤ 2.7	≤ 2.45	≤ 1.8	≤ 1.7
III	≤ 2.9	≤ 2.65	≤ 1.9	≤ 1.8

Taulukko 5. Päälysteisiin käytettävien murskeiden vähimmäislaatuluokat (Tielaitos 1991a:6).

Table 5. The minimum quality classes of crushed aggregates to pavements.

Käyttötarkoitus Range of use	Lujuusluokka/Muotoluokka Strength class/Form class			
	Keskipuorokausiliikenne KVL (ajoneuvoa/vuorokausi) Average daily traffic volume (ADT automobiles)			
	<1 000	1 000- 5 000	5 001- 10 000	>10 000
AB, ABE, SMA, VA	III/III	II/II	I/II	A/II
SIP	II/II	I/I	A/A	
Karkeutus	II/II	I/I	I/I	A/A
KAB, ÖS	III/III	II/II		
BS, TAS, SOP		III/III		

AB, ABE, SMA = Asfalttibetoni (= Asphalt concrete)

VA = Valuasfaltti (= Mastic asphalt)

SIP = Sirotepinta (= Surface treatment)

Karkeutus (= Chippings)

KAB = Kevytasfalttibetoni (= Lightweight asphalt concrete)

ÖS = Öljysora (= Oil gravel)

BS = Bitumisora (= Bitumen gravel)

TAS = Tasausmassa (= Levelling mix)

SOP = Soratien pinta (= Surface treatment of gravel road)

Liitteessä 1 on selvitetty tarkemmin taulukossa mainitut päällystetyypit ja niiden käyttöalueet.

5.2 Kiintotiheys

Tutkittujen rapakivinäytteiden kiintotiheydet vaihtelevat välillä 2.61-2.78 g/cm³ (taulukko 6). Kiintotiheyksien pieni vaihtelu kertoo eri rapakivityyppien mineraalikoostumuksen olevan hyvin samanlainen. Taulukosta 6 havaitaan eri rapakivityyppien jakautuvan kolmeen eri ryhmään. Felsisten rapakivien (pyterliitti, porfyyrinen rapakivigraniitti, biotiittirapakivi, porfyryripliitti) kiintotiheyksien keskiarvo on 2.63-2.64. Nämä rapakivityypit sisältävät tummana mineraalina ainoastaan biotiittia. Mafisten rapakivien (tumma viborgiitti, sarviväkerapakivi, tumma tasarakeinen rapakivi) kiintotiheyksien keskiarvo on 2.71-2.73. Näissä rapakivityypeissä on tummana mineraalina varsinkin sarvivälekettä. Viipurin batoliitin yleisin rapakivityyppi, viborgiitti, on kiintotiheyksien perusteella edellisten välimuoto.

Taulukko 6. Tutkittujen rapakivinäytteiden (77 kpl) kiintotiheyksien jakautuma eri rapakivityyppien suhteen.

Table 6. Specific gravity distribution of studied rapakivi samples (77 specimens) according to the different rapakivi types.

Kiintotiheys (g/cm ³) Specific gravity (gram/cubic centimetre)	1	2	3	4	5	6	7	8
2.61	-	-	-	-	2	-	-	-
2.62	-	-	-	-	4	-	-	2
2.63	1	-	2	2	6	-	-	1
2.64	-	-	2	1	3	1	-	1
2.65	2	-	-	1	3	-	-	-
2.66	3	-	-	1	1	-	-	-
2.67	4	-	-	-	-	1	-	-
2.68	3	1	1	-	-	-	-	-
2.69	1	1	-	-	-	-	1	-
2.70	1	-	-	-	-	1	-	-
2.71	1	-	-	-	-	3	1	-
2.72	-	4	-	-	-	3	1	-
2.73	-	-	-	-	-	2	3	-
2.74	-	-	-	-	-	-	-	-
2.75	-	-	-	-	-	1	-	-
2.76	-	-	-	-	-	-	1	-
2.77	-	-	-	-	-	-	-	-
2.78	-	-	-	-	-	-	1	-
k.a.	2.67	2.71	2.64	2.64	2.63	2.71	2.73	2.63

1 = viborgiitti (wiborgite), 2 = tumma viborgiitti (dark-coloured wiborgite), 3 = pyterliitti (pyterlite), 4 = porfyrynen rapakivigraniitti (porphyritic rapakivi granite), 5 = tasarakeinen biotiittirapakivi (even-grained biotite rapakivi), 6 = sarvivälkerapakivi, (hornblende rapakivi) 7 = tumma tasarakeinen rapakivi (dark-coloured, even-grained rapakivi), 8 = porfyryriapliitti (porphyry aplite). Lisäksi; Kymen harmaa rapakivi ((Grey Kymi rapakivi) = 2.65, kvartsiporfyry (quartz porphyry) (Hamina) = 2.65.

5.3 Muotoarvo

Tässä tutkimuksessa olevien näytteiden muotoarvomääritykset on tehty 8-12 mm:n murskeesta. Taulukossa 7 on esitetty tutkittujen porfyryristen rapakivien muotoarvomääritysten tulokset ja niiden muotoluokat. Taulukosta voidaan havaita, että puikkoisuuden perusteella kaikki tutkitut porfyryiset rapakivet kuuluvat A-luokkaan. Liuskeisuuden ollessa kuitenkin yleensä I- luokkaa, muotoluokaksi määräytyy suurimmaksi osaksi I-luokka.

Tasarakeisten biotiittirapakivien muotoluokat vaihtelevat A - III-luokan välillä. Suurin osa (14/19) tutkituista näytteistä kuuluu kuitenkin A - I-luokkiin (taulukko 8). Muotoluokaltaan III-luokan biotiittirapakivinäyte (nro 31.1) on raekooltaan

Taulukko 7. Porfyyristen rapakivien muotoarvomääritysten tulokset ja muotoluokat (kts. taulukko 4, sivu 49).

Table 7. Form values and form classes of porphyritic rapakivi types (see Table 4 on page 49).

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)		Puikkoisuus Elongation (c/a)	Liuskeisuus Flakiness (b/a)	Muotoluokka Form class
1	Viborgiitti	2.1	1.6	I
2	Viborgiitti	2.4	1.7	I
3	Viborgiitti	2.3	1.5	A
4	Viborgiitti	2.5	1.7	I
5	Viborgiitti	2.3	1.6	I
6	Viborgiitti	2.5	1.7	I
7	Viborgiitti	2.3	1.6	I
8	Viborgiitti	2.1	1.5	A
9	Viborgiitti	2.3	1.6	I
10	Viborgiitti	2.3	1.6	I
11	Viborgiitti	2.5	1.6	I
12	Viborgiitti	2.3	1.6	I
13	Viborgiitti	2.2	1.6	I
14	Viborgiitti	2.4	1.7	I
15	Viborgiitti	2.2	1.5	A
16	Viborgiitti	2.1	1.5	A
17.1	Tumma viborgiitti	2.2	1.6	I
17.2	Tumma viborgiitti	2.5	1.7	I
18.1	Tumma viborgiitti	2.4	1.6	I
18.2	Tumma viborgiitti	2.4	1.6	I
19	Tumma viborgiitti	2.3	1.7	I
20	Tumma viborgiitti	2.3	1.7	I
21	Pyterliitti	2.2	1.5	A
22	Pyterliitti	2.3	1.6	I
23	Pyterliitti	2.2	1.5	A
24	Pyterliitti	2.1	1.5	A
25	Pyterliitti	2.2	1.6	I
26.1	Porfyyr. rapakivigran.	2.5	1.7	I
26.2	Porfyyr. rapakivigran.	2.4	1.7	I
27	Porfyyrinen rapakivi	2.2	1.5	A
28	Porfyyrinen rapakivi	2.3	1.6	I
29	Porfyyrinen rapakivi	2.3	1.6	I

hienorakeinen. Kiven huonot muotoarvot johtuvat kiviaineksen voimakkaasta rakoiluominaisuudesta. Muotoluokaltaan A-luokkaan kuuluu kaikki kolme karkearakeista biotiittirapakiveä (nro 36, 39 ja 41). Näiden biotiittirapakivien hyvät muoto-ominaisuudet selittyvät mineraalien tasaisella raekoolla, hieno- ja pienirakeisen aineksen puuttuessa lähes kokonaan.

Taulukko 8. Tasarakeisten biotiittirapakivien, Kymin harmaa rapakiven, porfyriapliittien ja kvartsiporfyyrin muotoarvomääritysten tulokset ja muotoluokat (kts. taulukko 4, sivu 49).

Table 8. Form values and form classes of even-grained biotite rapakivi, grey Kymi rapakivi, porphyry aplite and quartz porphyry (see Table 4 on page 49).

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)		Puikkoisuus Elongation (c/a)	Liuskeisuus Flakiness (b/a)	Muotoluokka Form class
30	Biotiittirapakivi	2.6	1.8	II
31.1	Biotiittirapakivi	2.9	1.9	III
31.2	Biotiittirapakivi	2.5	1.7	I
32	Biotiittirapakivi	2.3	1.6	I
33	Biotiittirapakivi	2.7	1.8	II
34.1	Biotiittirapakivi	2.3	1.7	I
34.2	Biotiittirapakivi	2.3	1.7	I
35	Biotiittirapakivi	2.4	1.7	I
36	Biotiittirapakivi	2.3	1.5	A
37	Biotiittirapakivi	2.4	1.7	I
38	Biotiittirapakivi	2.4	1.7	I
39	Biotiittirapakivi	2.1	1.5	A
40	Biotiittirapakivi	2.7	1.8	II
41	Biotiittirapakivi	2.1	1.4	A
42	Biotiittirapakivi	2.5	1.7	I
43	Biotiittirapakivi	2.6	1.8	II
44	Biotiittirapakivi	2.2	1.6	I
45	Biotiittirapakivi	2.4	1.7	I
46	Biotiittirapakivi	2.5	1.7	I
47	Kymin harmaa rapakivi	2.4	1.7	I
64	Porfyriapliitti	2.3	1.7	I
65	Porfyriapliitti	2.6	1.7	II
66	Porfyriapliitti	2.7	1.9	III
67	Porfyriapliitti	2.4	1.7	I
68	Kvartsiporfyryri	2.7	1.8	II

Viiden porfyriapliittinäytteen muotoluokat vaihtelevat I - III-luokan välillä (taulukko 8). II- ja III-muotoluokkaan kuuluvien näytteiden alueella porfyriapliittinen kallioperä on selvästi rakoillutta, joka selittää näiden näytteiden huonot muoto-ominaisuudet. Myös ainoan kvartsiporfyyrinäytteen huonot muoto-ominaisuudet johtuvat kallioperän voimakkaasta rakoilusta. Tämän juonikiviaineen alueella on hyvin selvä pystysuuntainen rakoilu.

Sarvivalkerapakivien muotoluokka on I-II (taulukko 9). Tutkimuspisteet nro 48-50 sijaitsevat Jaalan-litin rapakivijuonen alueella. Mineralogisten ja tekstuuritekijöiden suhteen näiden tutkimuspisteiden kiviainekset ovat keskenään hyvin samanlaisia. Siten saadut muotoluokkaerot eivät todennäköisesti johdu kiviaineksesta, vaan mahdollisesti muotoarvomääritysmenetelmän epätarkkuudesta (kts. sivu 17).

Taulukko 9. Sarvivälkerapakivien ja tummien tasarakeisten rapakivien muotoarvomääritysten tulokset ja muotoluokat (kts. taulukko 4, sivu 49).

Table 9. Form values and form classes of hornblende rapakivi and dark-coloured, even-grained rapakivi (see Table 4 on page 49).

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)	Puikkoisuus Elongation (c/a)	Liuskeisuus Flakiness (b/a)	Muotoluokka Form class
48 Sarvivälkerapakivi	2.3	1.6	I
49.1 Sarvivälkerapakivi	2.5	1.7	I
49.2 Sarvivälkerapakivi	2.3	1.7	I
50.1 Sarvivälkerapakivi	2.5	1.8	II
50.2 Sarvivälkerapakivi	2.5	1.8	II
51 Sarvivälkerapakivi	2.2	1.6	I
52 Sarvivälkerapakivi	2.5	1.8	II
53 Sarvivälkerapakivi	2.2	1.6	I
54 Sarvivälkerapakivi	2.5	1.7	I
55 Sarvivälkerapakivi	2.4	1.7	I
56 Sarvivälkerapakivi	2.2	1.6	I
57 Sarvivälkerapakivi	2.6	1.7	II
58 Tumma tasarakeinen	2.3	1.6	I
59 Tumma tasarakeinen	2.5	1.7	I
60.1 Tumma tasarakeinen	2.4	1.5	A
60.2 Tumma tasarakeinen	2.2	1.6	I
61.1 Tumma tasarakeinen	2.4	1.6	I
61.2 Tumma tasarakeinen	2.2	1.6	I
62 Tumma tasarakeinen	2.5	1.8	II
63 Tumma tasarakeinen	2.1	1.5	A

Tummat tasarakeiset rapakivet ovat muotoluokaltaan A -II luokkaa. Huonoimman muotoluokka-arvon on saanut tutkimuspisteen nro 62 kiviaines, jossa mikroskooppisen tarkastelun perusteella on näistä näytteistä vähiten mikrorakoilua. Tämä näyte on myös hienorakeisin. Huonoon liuskeisuuteen on todennäköisesti vaikuttanut kiven lujuudesta johtuva vaikea murskattavuus.

Viipurin batoliitin eri rapakivityypit kuuluvat muotoluokaltaan suurelta osin A-I luokkiin. Hyvät muoto-ominaisuudet selittyvät sillä, että kiviainekset ovat massamaisia ja tasalaatuisia.

5.4 Los Angeles -luku

Viborgiitti

Tutkituista viborgiittinäytteistä Los Angeles-kokeen perusteella suurin osa (9/16) kuuluu lujuusluokaltaan III-luokkaan tai luokattomaan, seitsemän näytteen ollessa II-luokkaa (taulukko 10). Luokattomaan lujuusluokkaan kuuluvista neljästä näytteestä kaksi sijaitsee batoliitin keskialueella, Taavetin länsipuolella (tutkimuspisteet nro 8 ja 9) ja kaksi muuta itärajan läheisyydessä, Ylämaan alueella (tutkimuspisteet nro 14 ja 15). Ylämaan alueen näytteiden huonot Los Angeles-luvut selittää näiden näytteiden perusmassan keski-karkearakeisuus, ja siten mineraalirakeiden väliset sidokset ovat todella heikot (kts. sivu 28). Taavetin länsipuoliselle, viborgiittiselle kallioperälle on tyypillistä tavallista runsaampien rapautumien, murren ja rakoilujen esiintyminen. Tämän alueen kiviaineksissa oleva runsas mikrorakoilu on aiheuttanut niiden huonon iskunkestävyyden ja siten ne ovat Los Angeles-kokeen perusteella lujuudeltaan luokatonta kiviainesta. Esim. tutkimuspisteessä nro 8, jossa Kymen tiepiiri on louhinut viborgiittia tienrakennusmateriaaliksi, kiviaineksessa esiintyy runsasta mikrorakoilua koko louhintasyvyydellä (noin 8 m) ja paikoin kiviaines on vähän rapautunutta (Rp1).

Los Angeles-luvun perusteella II-luokkaan kuuluville viborgiittinäytteille (tutkimuspisteet nro 1-4, 11, 12 ja 16) on luonteenomaista perusmassan hienopienirakeisuus. Lisäksi tutkimuspisteiden nro 2, 3, 4 ja 16 viborgiiteissa on perusmassaa tavallista runsaammin. II-luokkaan kuuluvissa viborgiiteissa ei myöskään esiinny siinä määrin mikrorakoilua kuin yleensä viborgiiteissa. Lisäksi varsinkin tutkimuspisteiden nro 2 ja 3 viborgiiteissa on hyvin runsaasti hienorakeista kvartsia sekä perusmassassa että sulkeumina kalimaasälpäovoideissa. Kaikki edellä kuvatut tekijät ovat vaikuttaneet siihen, että nämä viborgiitit ovat tavallista paremmin kulutusta kestäviä ja siten ne ovat Los Angeles -kokeen perusteella lujuusluokaltaan II-luokkaa.

Tutkituista 16 viborgiittinäytteestä Los Angeles-kokeen perusteella III-luokkaan tai luokattomaan kuuluu yhteensä 9 näytettä ja II-luokkaan kuuluu 7 näytettä. Nämä lukuarvot eivät todennäköisesti anna oikeaa kuvaa Viipurin batoliitin viborgiittisen kiviaineksen jakautumisesta lujuusluokkiin Los Angeles-kokeen perusteella, koska tässä tutkimuksessa on etsitty mahdollisimman hyvin kulutusta kestäviä kiviaineksia ja jo näytteitä kerätessä on suoritettu valintaa.

Tumma viborgiitti

Los Angeles-kokeen perusteella tutkittujen tummien viborgiittien lujuusluokat vaihtelevat I-luokan ja luokattoman välillä (taulukko 10). Kuusankosken-litin alueella sijaitsevat tutkimuspisteet nro 17 ja 18 sijaitsevat lähellä valtatieä nro 12. Näytteet nro 17.1 ja 18.1 on otettu näiden tutkimuspisteiden kallioalueilta räjäyttämällä ja rinnakkaisnäytteet nro 17.2 ja 18.2 on irroitettu rautakangella viereisistä kallioleikkauksista. Kallioleikkauksista otettujen näytteiden huonommat Los Angeles-luvut selittyvät sillä, että niiden kiviaineksessa esiintyy selvää mikrorakoilua. Näytteen nro 18.1 perusmassa on vähän pienempirakeista kuin mitä se on näytteessä nro 17.1. Tämä eroavaisuus selittää näytteen nro 18.1 saamaan paremman lujuusluokan.

Kuusankosken-litin alueen tummille viborgiiteille on tyypillistä, että niissä on perusmassan osuus varsin suuri (40-60 %) ja perusmassa on raekooltaan keskirakeista. Sen sijaan Kaipiaisen ja Lappeenrannan alueiden tutkimuspisteiden (nro 19 ja 20) kiviaineksissa on perusmassan määrä vähäisempi (25-35 %) ja se on raekooltaan selvästi karkeampaa, ollen keski-karkearakeista. Lisäksi varsinkin Kaipiaisen alueella esiintyy kallioperässä rapautumia, murroksia ja rakoilua. Mikroskooppitutkimuksissa havaittiin, että varsinkin Kaipiaisen ja Lappeenrannan alueiden näytteissä on mikrorakoilu hyvin selväpiirteistä. Kaipiaisen ja Lappeenrannan alueen tummissa viborgiiteissa on selvästi vähemmän sarvivälkettä kuin Kuusankosken-litin alueen näytteissä (kts. sivut 30-31). Kuvatut tekijät ovat vaikuttaneet siihen, että Kaipiaisen ja Lappeenrannan alueiden tummat viborgiitit ovat Los Angeles -kokeen perusteella selvästi huonommin kulutusta kestäviä kuin Kuusankosken-litin alueen vastaavat kiviainekset.

Pyterliitti

Tutkituista viidestä pyterliittinäytteestä Los Angeles -kokeen perusteella kaksi kuuluu III-luokkaan ja kolme on lujuusluokaltaan luokatonta (taulukko 10). Viipurin batoliitin alueella esiintyvä pyterliitti on sekä mineralogisesti että rakenteellisesti hyvin samanlaista joka paikassa. Huonoihin Los Angeles -kokeen perusteella saatuihin lujuusarvoihin vaikuttaa se, että kiviaineksen perusmassa on keski-karkearakeista, mineraalit ovat omamuotoisia ja usein kasautuneita. Mineraalien väliset sidokset ovat siten hyvin löyhät. Erona muihin porfyryisiin rapakivityyppeihin on se, että pyterliittien perusmassassa ei esiinny hienorakeista mineraaliainesta. Myös elastisten tummien mineraalien vähäisyys ja sarvivälkkeen kokonaan puuttuminen vaikuttavat siihen, että kiviaines kestää huonosti iskua, jota Los Angeles -koe testaa. Myös kaikissa tutkituissa näytteissä esiintyvä selvä mikrorakoilu osaltaan vaikuttaa huonoihin lujuusarvoihin.

Porfyryinen rapakivigraniitti

Tutkittujen porfyryisten rapakivigraniittien (tutkimuspisteet nro 26-29) Los Angeles -luvun mukainen lujuusluokka vaihtelee I-luokasta luokattomaan (taulukko 10). Tyypillisen porfyryisen rapakivigraniitin mineraalikoostumus ja rakenne on hyvin samanlainen kuin mitä se on pyterliitillä. Tutkimuspisteiden nro 27-29 kiviainekset edustavat tällaista kiviainesta. Näiden näytteiden Los Angeles -kokeen perusteella saatu lujuusluokka onkin III-luokka tai luokaton.

Muista porfyryisistä rapakivigraniiteista eroavaa kiviainesta esiintyy vain tutkimuspisteessä nro 26. Näytteen nro 26.1 perusmassassa esiintyy muista näytteistä poiketen runsaasti hienorakeista kvartsia, ja mikrorakoilua ei esiinny. Nämä tekijät ovat vaikuttaneet siihen, että näyte nro 26.1 on Los Angeles -kokeen perusteella lujuusluokaltaan peräti I-luokkaa. Myös tämän tutkimuspisteen toinen näyte (nro 26.2) on Los Angeles -kokeen perusteella vähän paremmin kulutusta kestävä kuin muut porfyryiset rapakivigraniitit. Näytteessä nro 26.2 ei esiinny niin runsasta mikrorakoilua kuin tutkimuspisteiden nro 27-29 näytteissä. Tästä syystä näyte nro 26.2 on Los Angeles -kokeen perusteella lujuusluokaltaan II-luokkaa.

Taulukko 10. Porfyyrysten rapakivien Los Angeles- ja haurausarvokokeiden tulokset ja lujuusluokat (kts. taulukko 3, sivu 49).

Table 10. Los Angeles test and Swedish impact test values and strength classes of porphyritic rapakivi types (see Table 3 on page 49).

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)		Los Angeles -luku/ lujuusluokka Los Angeles value/ strength class	Parannettu hauraus- arvo/lujuusluokka Swedish impact value/ strength class
1	Viborgiitti	29.1/II	26.7/III
2	Viborgiitti	26.7/II	20.8/I
3	Viborgiitti	25.6/II	26.6/III
4	Viborgiitti	29.5/II	27.9/III
5	Viborgiitti	31.5/III	25.9/II
6	Viborgiitti	32.8/III	30.3/-
7	Viborgiitti	33.6/III	26.8/III
8	Viborgiitti	37.0/-	34.8/-
9	Viborgiitti	35.4/-	31.3/-
10	Viborgiitti	33.0/III	26.9/III
11	Viborgiitti	28.1/II	26.0/II
12	Viborgiitti	28.3/II	27.8/III
13	Viborgiitti	35.0/III	29.2/III
14	Viborgiitti	36.8/-	34.4/-
15	Viborgiitti	35.1/-	31.4/-
16	Viborgiitti	27.5/II	26.5/III
17.1	Tumma viborgiitti	28.2/II	22.6/II
17.2	Tumma viborgiitti	30.9/III	29.4/III
18.1	Tumma viborgiitti	24.9/I	25.2/II
18.2	Tumma viborgiitti	26.8/II	26.6/III
19	Tumma viborgiitti	32.8/III	29.8/III
20	Tumma viborgiitti	37.6/-	32.4/-
21	Pyterliitti	35.0/III	30.0/III
22	Pyterliitti	38.8/-	36.3/-
23	Pyterliitti	37.7/-	35.0/-
24	Pyterliitti	41.2/-	37.7/-
25	Pyterliitti	35.0/III	31.0/-
26.1	Porfyыр. rapakivigran.	21.9/I	24.1/II
26.2	Porfyыр. rapakivigran.	29.7/II	27.9/III
27	Porfyыр. rapakivigran.	32.8/III	31.3/-
28	Porfyыр. rapakivigran.	35.5/-	33.1/-
29	Porfyыр. rapakivigran.	32.2/III	30.4/-

Los Angeles -kokeen perusteella porfyyrisistä rapakivistä huonoimpaan lujuusluokkaan kuuluvat pyterliitit ja suurin osa porfyyrisistä rapakivigraniiteista. Viborgiitit ovat suurelta osin III-luokan kiviainesta ja arviolta alle 10 % Viipurin batoliitin viborgiittisesta kiviaineksesta on II-luokkaa tai parempaa. Porfyyrisistä rapakivistä Los Angeles -kokeen perusteella parhaiten kulutusta kestävät tummat viborgiitit, näiden kiviainesten kuuluessa suurelta osin II-luokkaan.

Tasarakeinen biotiittirapakivi

Biotiittirapakiveä on tutkittu 19 näytettä. Los Angeles -kokeen perustella biotiittirapakivien lujuusluokka vaihtelee A-luokan ja luokattoman välillä. Kuten aikaisemmin petrografisen kuvauksen yhteydessä todettiin (kts. sivu 36), kaikkien tutkittujen biotiittirapakivien mineraalikoostumus on samanlainen. Los Angeles -kokeen perusteella saadut lujuuserot johtuvat raekoon vaihtelusta, tekstuuritekijöistä ja näytteissä olevan mikrorakoilun määrästä.

Tutkimuspisteiden nro 36, 39 ja 41 biotiittirapakivet ovat raekooltaan karkearakeisia. Nämä näytteet ovat myös saaneet kaikista huonoimmat Los Angeles -luvut; III-luokka - luokaton (taulukko 11). Tutkimuspisteiden nro 31.1 ja 37 biotiittirapakivet ovat raekooltaan hienorakeisia. Nämä näytteet ovat Los Angeles -kokeen perusteella lujuusluokaltaan A-luokkaa. Näiden kahden täysin erilaisen biotiittirapakivityypin lujuuden selvän vaihtelun selittää kiviaineksen raekoon erilaisuus.

Muut tutkitut biotiittirapakivet (14 kpl) ovat raekooltaan keskirakeisia. Näiden biotiittirapakivien Los Angeles -luvuissa on kuitenkin suurta vaihtelua, lujuusluokan ollessa A-luokasta - luokattomaan. Ns. tyyppillistä biotiittirapakiveä edustaa tutkimuspisteiden nro 34.2, 38, 42 ja 46 kiviainekset. Nämä biotiittirapakivet kuuluvat Los Angeles -kokeen perusteella II-luokkaan. Näyte nro 34.2 tekee kuitenkin poikkeuksen, sillä se on lujuusluokaltaan luokaton. Huonoon iskunkestävyyteen on selityksenä se, että tässä näytteessä on poikkeuksellisen runsaasti mikrorakoilua.

Muissa keskirakeisissa biotiittirapakivinäytteissä (tutkimuspisteet nro 30, 31.2, 32, 33, 34.1, 40, 43) esiintyy tavallista runsaammin hienorakeista kvartsia kiviaineksen perusmassassa. Lisäksi osassa näytteitä (tutkimuspisteet nro 30, 33, 43) kvartsi esiintyy myöskin vierasmuotoisena mineraalina. Näiden mineralogisten tekijöiden vaikutuksesta tämän tyyppiset biotiittirapakivet ovat lujuusluokaltaan A - I-luokkaa (taulukko 11).

Tutkimuspisteiden nro 35, 44 ja 45 biotiittirapakivien perusmassassa esiintyy myös runsaasti hienorakeista kvartsia. Nämä rapakivinäytteet ovat kuitenkin lujuusluokaltaan vain II-luokkaa, johtuen melko runsaasta mikrorakoilusta.

Suurin osa Viipurin batoliitin biotiittirapakivistä on raekooltaan keskirakeista ja Los Angeles -kokeen perusteella ne ovat lujuusluokaltaan II-luokkaa. Vähäisessä määrin (alle 10 %) batoliitin alueelta löytyy myöskin tästä tyypestä poikkeavia biotiittirapakiviä, jotka joko johtuen niiden hienorakeisuudesta tai yleisemmin runsaasta hienorakeisesta kvartsista, ovat lujuusluokaltaan A - I-luokkaa.

Taulukko 11. Tasarakeisten biotiittirapakivien, Kymin harmaa rapakiven, porfyriapliittien ja kvartsiporfyyrin Los Angeles- ja haurausarvokokeiden tulokset ja lujuusluokat (kts. taulukko 3, sivu 49).

Table 11. Los Angeles test and Swedish impact test values and strength classes of even-grained biotite rapakivi, grey Kymi rapakivi, porphyry aplite and quartz porphyry (look Table 3 on page 49).

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)		Los Angeles -luku/ lujuusluokka Los Angeles value/ strength class	Parannettu hauraus- arvo/lujuusluokka Swedish impact value/ strength class
30	Biotiittirapakivi	22.1/I	22.3/II
31.1	Biotiittirapakivi	14.7/A	15.5/A
31.2	Biotiittirapakivi	25.0/I	24.1/II
32	Biotiittirapakivi	21.7/I	20.0/I
33	Biotiittirapakivi	19.2/A	24.2/II
34.1	Biotiittirapakivi	22.2/I	23.1/II
34.2	Biotiittirapakivi	36.0/-	35.4/-
35	Biotiittirapakivi	28.2/II	29.7/III
36	Biotiittirapakivi	34.9/III	29.9/III
37	Biotiittirapakivi	17.3/A	18.4/I
38	Biotiittirapakivi	25.8/II	26.0/II
39	Biotiittirapakivi	35.4/-	34.9/-
40	Biotiittirapakivi	21.2/I	23.5/II
41	Biotiittirapakivi	34.0/III	29.4/III
42	Biotiittirapakivi	25.2/II	25.4/II
43	Biotiittirapakivi	22.5/I	23.1/II
44	Biotiittirapakivi	25.4/II	26.3/III
45	Biotiittirapakivi	25.8/II	26.5/III
46	Biotiittirapakivi	27.4/II	27.4/III
47	Kymin harmaa rapakivi	29.2/II	27.7/III
64	Porfyriapliitti	20.1/I	25.1/II
65	Porfyriapliitti	25.3/II	23.4/II
66	Porfyriapliitti	19.1/A	23.4/II
67	Porfyriapliitti	25.0/I	24.7/II
68	Kvartsiporfyryri	13.9/A	18.5/I

Kymin harmaa rapakivi

Tätä rapakivityyppiä on selvitetty tutkimuspisteessä nro 47. Los Angeles -kokeen perusteella tämä kiviaines on lujuusluokaltaan II-luokkaa (taulukko 11). Kymin harmaa rapakivi koostuu kovista, keskirakeisista mineraaleista (kvartsi, maasälvät, topaasi). Hienorakeisen mineraaliaineksen puuttuminen ja tummien mineraalien hyvin vähäinen esiintyminen, sekä kiviaineksen mineraalien tasarakeisuus ovat aiheuttaneet sen, että mineraalien väliset sidokset ovat löyhät ja siten kiviaineksen kulutuskestävyys ei ole paras mahdollinen.

Porfyriapliitti

Tutkitut porfyriapliitit ovat Los Angeles -kokeen perusteella lujuusluokaltaan A - II-luokkaa (taulukko 11). Porfyriapliittien suhteellisen hyvät lujuusarvot selittyvät mineraalien hienorakeisuudella, vaikka hienorakeinen perusmassa on granulaarista. Lujuusluokaltaan A-luokkaa oleva porfyriapliitti poikkeaa muista siten, että siinä olevissa kalimaasälpähajarakeissa on hienorakeista kvartsia tavallista runsaammin. Hienorakeinen kvartsi lisää hajarakeiden iskunkestävyyttä.

Kvartsiporfyri

Kvartsiporfyriä on selvitetty tutkimuspisteessä nro 68. Kiviaineksen hyvin hienorakeinen perusmassa ja mineraalien osittainen vierasmuotoisuus on vaikuttanut siihen, että Los Angeles -kokeen perusteella tämä kiviaines on lujuusluokaltaan A-luokkaa (taulukko 11).

Sarvivälkerapakivi

Sarvivälkerapakiveä on tutkittu 12 näytettä. Los Angeles -kokeen perusteella tämän rapakivityypin lujuusluokka vaihtelee A - III-luokkien välillä (taulukko 12). Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivi on lujuusluokaltaan II - III-luokkaa. Tyypillisesti tämän alueen sarvivälkerapakivet ovat keskirakeisia, mineraalien ollessa omamuotoisia ja siten raerajat ovat suorat. Hienorakeinen mineraaliaines puuttuu lähes kokonaan. Näistä seikoista johtuen lujuusluokka ei ole parempi kuin II.

Tutkimuspisteen nro 57 kiviaines on myös tyypillinen sarvivälkerapakivi. Mikroskooppitutkimuksissa kuitenkin oli havaittavissa runsasta mikrorakoilua, joka selittää Los Angeles -kokeen perusteella saadun III-luokan lujuusarvon. Tutkimuspisteen nro 55 kiviaineksen kuulumisen III-luokkaan vaikuttaa tämän näytteen mineraalien karkearakeisuus.

Jaalan-litin juonen sarvivälkerapakivi on Los Angeles -kokeen perusteella lujuusluokaltaan A-luokkaa. Paikoin tämän juonen alueella esiintyy kallioperässä rapautumia ja rakoilua. Näytteen nro 49.2 huono lujuusarvo (II-luokka) johtuu runsaasta mikrorakoilusta. Jaalan-litin juonen kiviainesten hyvät lujuusarvot selittää kivaineksen raekoko; perusmassa muodostuu tiiviistä hieno-pienirakeisesta mineraaliaineksesta, jossa on vähän myös suurempia rakeita. Perusmassan granulaarisuus on heikentävänä tekijänä. Mineraalikoostumus sen sijaan on suhteellisen ihanteellinen; kvartsin ja maasälpien lisäksi esiintyy kiviaineksessa "joustavana mineraalina" sarvivälkettä melko runsaasti (10-15 %).

Pyhtään ja Haminan alueiden (tutkimuspisteet nro 51 ja 52) sarvivälkerapakivet ovat tekstuuriltaan samanlaisia kuin Lappeenrannan alueen vastaavat kivet. Haminan alueen sarvivälkerapakiven saama I-luokan lujuusarvo selittyy sillä, että verrattuna Lappeenrannan alueen kiviainekseen, tässä esiintyy melko runsaasti hieno-pienirakeista kvartsia, joka lisää tämän kiviaineksen kulutuskestävyyttä (taulukko 12).

Taulukko 12. Sarvivälkerapakivien ja tummien tasarakeisten rapakivien Los Angeles- ja haurausarvokokeiden tulokset ja lujuusluokat (kts. taulukko 3, sivu 49).

Tabl. 12. Los Angeles test and Swedish impact test values and strength classes of hornblende rapakivi and dark-coloured, even-grained rapakivi (see Table 3 on page 49).

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)		Los Angeles -luku/ lujuusluokka Los Angeles value/ strength class	Parannettu hauraus- arvo/lujuusluokka Swedish impact value/ strength class
48	Sarvivälkerapakivi	17.4/A	17.1/A
49.1	Sarvivälkerapakivi	18.5/A	20.2/I
49.2	Sarvivälkerapakivi	29.4/II	29.0/III
50.1	Sarvivälkerapakivi	18.6/A	19.3/I
50.2	Sarvivälkerapakivi	17.7/A	18.3/I
51	Sarvivälkerapakivi	26.3/II	28.1/III
52	Sarvivälkerapakivi	23.0/I	24.2/II
53	Sarvivälkerapakivi	27.9/II	26.0/II
54	Sarvivälkerapakivi	29.3/II	27.8/III
55	Sarvivälkerapakivi	31.0/III	28.7/III
56	Sarvivälkerapakivi	28.3/II	26.0/II
57	Sarvivälkerapakivi	32.4/III	30.2/-
58	Tumma tasarakeinen	24.4/I	24.7/II
59	Tumma tasarakeinen	25.4/II	19.9/I
60.1	Tumma tasarakeinen	39.8/-	34.1/-
60.2	Tumma tasarakeinen	56.8/-	34.1/-
61.1	Tumma tasarakeinen	27.5/II	25.0/II
61.2	Tumma tasarakeinen	37.6/-	32.7/-
62	Tumma tasarakeinen	18.6/A	21.8/I
63	Tumma tasarakeinen	30.4/III	23.7/II

Tumma tasarakeinen rapakivi

Tummien tasarakeisten rapakivien tutkimuspisteet sijaitsevat Lappeenrannan ja Ylämaan alueilla. Tumma tasarakeinen rapakivi eli tiriliitti on päämineraalien koostumuksen ja tekstuurin perusteella hyvin samanlainen kuin Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivi (kts. sivut 40 ja 44). Aksessoristen mineraalien suhteen erona on se, että oliviinia esiintyy tiriliiteissä yleisesti, sen sijaan sarvivälkerapakivissä tämä mineraali on paljon vähäisempi. Teknisesti tärkeämpää on kuitenkin se, että tiriliiteissä on runsaasti hienorakeista kvartsia, joka puuttuu sarvivälkerapakivistä. Siten tiriliittien pitäisi olla paremmin kulutusta kestäviä kuin alueen sarvivälkerapakivien.

Tutkituista näytteistä nro 58-61 ja 63 ovat mineraalikoostumukseltaan ja tekstuurltaan hyvin samanlaisia keskenään. Los Angeles -kokeen perusteella näiden näytteiden lujuusarvot vaihtelevat kuitenkin suuresti; I-luokan ja

luokattoman välillä (taulukko 12). Tutkimuspisteiden tiriliittiselle kallioperälle on tyypillistä rapautumat, jotka varsinkin Lappeenrannan eteläpuolella ja Ylämaan alueella ulottuvat ainakin 1 m:n syvyyteen saakka. Tutkittujen näytteiden lujuusluokan erot johtuvat siten pääasiassa kiviaineksessa esiintyvän mikrorakoilun määrästä.

Lappeenrannan länsipuolella tiriliittisessä kallioperässä ei esiinny yleisesti rapautumia, murroksia ja rakoilua. Se näkyy myös tämän alueen tutkimuspisteiden nro 58 ja 59 Los Angeles -kokeen mukaisissa lujuusluokkarvoissa: I - II-luokkaa. Kuitenkin ohuthietarkastelussa näkyy myös näissä näytteissä selvää mikrorakoilua.

Lappeenrannan eteläpuolella esiintyvälle tiriliittiselle kiviainekselle (näytteet 60.1 ja 60.2) on tyypillistä runsas mikrorakoilu. Se näkyy myös huonoissa lujuusarvoissa; kiviaines on Los Angeles -kokeen perusteella luokatonta. Ylämaan alueelta olevasta tutkimuspisteestä nro 61 otettujen näytteiden (näytteet 61.1 ja 61.2) Los Angeles -kokeen perusteella saadut lujuusluokat ovat II-luokka ja luokaton. Näytteet on otettu hyvin läheltä toisiaan, vain noin 10 m:n päästä. Vaikka maastossa pyrittiin molemmat näytteet ottamaan mahdollisimman ehyestä kalliosta, mikroskooppitarkastelu ja Los Angeles -koe paljastivat, että näytteessä nro 61.2 on selvästi rinnakkaisnäytettään enemmän mikrorakoilua.

Tutkimuspisteen nro 62 tiriliitti poikkeaa muista tutkituista näytteistä siten, että näytteessä nro 62 mineraalit ovat raekooltaan pienempiä ja hienorakeista kvartsia on tavallista runsaammin. Myös mikrorakoilu on tässä näytteessä muita näytteitä vähäisempää. Näistä tekijöistä johtuen Los Angeles -kokeen perusteella tutkimuspisteen nro 62 kiviaines on lujuusluokaltaan A-luokkaa.

Tiriliittiselle kallioperälle on tyypillistä rapautumien ja voimakkaan mikrorakoilun esiintyminen. Tutkitut näytteet ovat koostumukseltaan ja rakenteeltaan hyvin samanlaisia. Vähän mikrorakoilua sisältävät näytteet ovat Los Angeles -kokeen perusteella I - II-luokkaa. Jos runsaan mikrorakoilun omaava kiviaines rajoittuu vain kallion pintaosaan, voidaan olettaa tämän kiviaineksen olevan Los Angeles -kokeen perusteella lujuusluokaltaan ainakin I-luokan kiviainesta.

5.5 Parannettu haurausarvo

Laboratoriotesteistä sekä Los Angeles -koe että haurausarvokoe testaavat pääasiassa kiviaineksen iskunkestävyyttä. Joissakin tutkimuksissa (esim. Lapalainen 1987:50, Alkio & Vuorinen 1989:26-27) on lisäksi todettu, että näiden kahden kokeen perusteella saadut tulokset ovat hyvin samanlaiset. On esitettykin näkemyksiä, että kiviaineksen iskunkestävyyttä tutkittaisiin vain haurausarvokokeen avulla, koska Los Angeles -kokeeseen verrattuna se on nopeampi suorittaa ja tutkittavaa kiviainesta ei tarvita niin paljon.

Taulukoissa 10, 11 ja 12 (sivulla 57, 59 ja 61) on esitetty tutkimuspisteiden kiviainesten Los Angeles -kokeiden tulosten lisäksi myös haurausarvokokeiden tulokset ja lujuusluokat. Verrattuna edellä mainittujen tutkijoiden tuloksiin, tässä tutkimuksessa saadut Los Angeles- ja haurausarvokokeiden tulokset

poikkeavat selvästi toisistaan. Tutkituista 77 rapakivinäytteestä Los Angeles- ja haurausarvokokeet osoittavat samaa lujuusluokkaa vain 33 näytteen osalta (43 %). Sen sijaan 40 näytteessä (52 %) Los Angeles -koe osoittaa parempaa lujuusluokkaa ja vain 4 näytteen (5 %) osalta huonompaa lujuusluokkaa kuin haurausarvokoe. Jos poistamme tarkastelusta ne näytteet, joiden Los Angeles -kokeen mukainen lujuusluokka on luokaton, niin silloin 64 % tutkituista näytteistä on Los Angeles-kokeen perusteella lujuusluokaltaan parempaa kuin haurausarvokokeen perusteella (taulukko 13).

Haurausarvokokeella Kymen tiepiirin kivinäytteitä tutkittaessa havaittiin, että rinnakkaisnäytteiden tulokset saattavat poiketa jopa yli 20 % keskiarvosta. Haurausarvokokeessa tutkittavan kiviaineksen määrä on noin 0.5 kg ja Los Angeles-kokeessa noin 5.0 kg. Haurausarvokokeessa käytettävästä vähäisestä kiviainesmäärästä johtuen tämä testi on herkkä erilaisille virhetekijöille.

Taulukossa 14 on esitetty miten tutkittavan kiviaineksen virheellinen laboratoriomurskaus vaikuttaa kiviaineksen tutkimustuloksiin. Murskauksessa tapahtui virhe siten, että jälkimurskaukseen ei kaadettu koko näytettä kerralla vaan vähitellen. Tästä oli seurauksena, että kivirakeiden muotoarvot, varsinkin puikkoisuudet tulivat huonoiksi.

Verrattaessa taulukossa 14 esitettyjä eri tutkimuspäivien tuloksia toisiinsa huomataan, että Los Angeles-luvuissa erot ovat hyvin pieniä ja rinnakkaisnäytteet osoittavat samaa lujuusluokkaa. Sen sijaan rinnakkaisnäytteiden parannetut haurausarvot ja näiden mukaiset lujuusluokat eroavat toisistaan selvästi. Samoin on selvät erot näytteiden muotoarvoissa ja muotoluokissa. Näytteiden B, C ja D osalta väärä murskaustapa on vaikuttanut varsinkin puikkoisuusarvoihin, jotka ovat III-luokkaa. Näiden näytteiden puikkoisuusarvot ovat A-luokkaa, kun murskaus on suoritettu oikealla tavalla.

Tämä esimerkkitapaus osoittaa, että haurausarvokoe korreloi hyvin selvästi kiviaineksen muotoarvoon. Sen sijaan Los Angeles -koe, johtuen osaksi suuremmasta tutkittavasta kiviainesmäärästä, ei ole niin herkkä kiviaineksen muotoarvon muutoksille.

Tämän tutkimuksen perusteella rapakivinäytteiden Los Angeles-kokeessa saama lujuusluokka on yleensä yhden luokan parempi kuin haurausarvokokeen mukainen lujuusluokka. Vain kahden näytteen osalta (biotiittirapakivi nro 33 ja porfyryriapliitti nro 66) näiden kokeiden välillä on kahden lujuusluokan eroavaisuus. Näytteiden luokkaerot selittyvät tarkasteltaessa niiden muotoarvoja, jotka ovat II - III-luokkaa. Eli kiviaineksen ollessa muodoltaan puikkoista se näkyy myös huonompina parannettuina haurausarvoina.

Neljällä tutkitulla näytteellä on haurausarvokokeen mukainen lujuusluokka parempi kuin Los Angeles -kokeen lujuusluokka (viborgiitti nro 2 ja 5 sekä tumma tasarakeinen rapakivi nro 59 ja 63). Kaikilla näillä näytteillä on hyvät muotoarvot, muotoluokan ollessa A - I-luokkaa. Tasarakeiset mineraalit ja siten näiden näytteiden haurausarvokokeen lujuusluokat ovat paremmat kuin Los Angeles -kokeen mukaiset.

Taulukko 13. Tutkittujen kiviainesten Los Angeles- (= L.A.) ja haurausarvokokeiden (= P.h.) tulosten (taulukot 10, 11 ja 12) lujuusluokkavertailu. Suluissa olevat luvut on laskettu ilman Los Angeles- kokeen perusteella lujuusluokaltaan luokatonta kiviainesta.

Table 13. Strength class comparison of the results (Tables 10, 11 and 12) received by Los Angeles test (= L.A.) and Swedish impact test (= P.h.) of the studied mineral aggregates. The values in parentheses have calculated without Los Angeles test values if their strength classes are out of the quality classification.

Kiviaines Mineral aggregate	Lujuusluokka sama Strength class same	L.A.-lujuusluokka parempi L.A. strength class better	P.h.-lujuusluokka parempi P.h. strength class better
Porfyriset rapakivet Porphyritic rapakivi types	17/53 % (8/35 %)	13/41 % (13/57 %)	2/6 % (2/8 %)
Biotiitti rapakivi Biotite rapakivi	7/37 % (5/29 %)	12/63 % (12/71 %)	- -
Kymin harmaa Grey Kymi rapakivi	-	1/100 %	-
Porfyriapliitti Porphyry aplite	1/25 %	3/75 %	-
Kvartsiporfyryri Quartz porphyry	-	1/100 %	-
Sarvivälkerapakivi Hornblende rapakivi	4/33 %	8/67 %	-
Tumma tasarakeinen Dark-coloured, even- grained rapakivi	4/50 % (1/20 %)	2/25 % (2/40 %)	2/25 % (2/40 %)
Kaikki näytteet: All the specimens:	33/43 % (19/30 %)	40/52 % (40/64 %)	4/5 % (4/6 %)

Los Angeles- ja haurausarvokokeiden on todettu testaavan samaa asiaa, kiviaineksen iskunkestävyyttä. Siten tässä tutkimuksessa Los Angeles- kokeen kohdalla eri rapakivityypeille esitetyt kriteerit pätevät myös kiviainesten haurausarvokokeen tulosten suhteen. Koska haurausarvokokeen havaittiin olevan herkkä erilaisille virhetekijöille, pidetään tässä tutkimuksessa Los Angeles -koetta paremmin kiviaineksen iskunkestävyyttä kuvaavana kokeena.

Taulukko 14. Virheellisen murskaustavan vaikutus kiviaineksen Los Angeles- ja haurausarvokokeiden sekä muotoarvomääritysten tuloksiin. Muotoarvossa on ilmoitettu puikkoisuus/liuskeisuus.

Table 14. The effect of wrong crushing method to mineral aggregate values of Los Angeles test, Swedish impact test and form value determinations. Elongation/flakiness are presented in the form value.

Tutkimuspäivä	Los Angeles-luku/ lujuusluokka	Parannettu haurausarvo/ lujuusluokka	Muotoarvo/ muoto- luokka
Observation day	Los Angeles value/ strength class	Swedish impact value/ strength class	Form value/ form class
A. Tutkimuspiste nro 31.1, biotiittirapakivi			
A. Observation site no. 31.1, biotite rapakivi			
27.09.1988	14.5 / A	19.7 / I	3.4/2.1 -
17.10.1988	14.7 / A	15.5 / A	2.9/1.9 III
B. Tutkimuspiste nro 32, biotiittirapakivi			
B. Observation site no. 32, biotite rapakivi			
27.09.1988	20.2 / I	25.0 / II	2.8/1.8 III
17.10.1988	21.7 / I	20.0 / I	2.3/1.6 I
C. Tutkimuspiste nro 50.1, sarvivälkerapakivi			
C. Observation site no. 50.1, hornblende rapakivi			
27.09.1988	20.0 / A	26.7 / III	2.9/1.8 III
17.10.1988	18.6 / A	19.3 / I	2.5/1.8 II
D. Tutkimuspiste nro 50.2, sarvivälkerapakivi			
D. Observation site no. 50.2, hornblende rapakivi			
27.09.1988	18.8 / A	22.4 / II	2.8/1.8 III
17.10.1988	17.7 / A	18.3 / I	2.5/1.8 II

5.6 Hioutuvuusluku

Viborgiitti

Los Angeles-kokeen perusteella tutkitut viborgiittinäytteet kuuluvat lujuusluokaltaan II-luokkaan - luokattomaan, tyypillisen viborgiitin ollessa III-luokan kiviainesta (taulukko 10, sivulla 57). Sen sijaan hioutuvuuskokeen perusteella tutkituista viborgiittinäytteistä yhtä vaille kaikki kuuluvat lujuusluokaltaan I-luokkaan (taulukko 15).

Los Angeles -kokeessa luokattoman lujuusluokan saaneet näytteet (tutkimuspisteet nro 8, 9, 14 ja 15) eivät eroa muista näytteistä hioutuvuuslukunsa perusteella. Myöskään Los Angeles-kokeen perusteella II-luokan viborgiittinäytteet eivät ole hioutuvuuskokeen perusteella muita näytteitä parempia.

Näiden viborgiittien perusmassassa ja sulkeumina ovoideissa oleva tavallista runsaampi hienorakeinen kvartsi ei siten vaikuta hioutuvuusarvoihin. Viborgiitin mineraalikoostumus, jossa on päämineraaleina kovia mineraaleja (kvartsi ja maasälvät) selittää hyvän hioutuvuuskestävyyden.

Tumma viborgiitti

Kuten viborgiittien, myös tummien viborgiittien Los Angeles -kokeen perusteella saatu lujuusluokka vaihtelee selvästi (I-luokka - luokaton). Luokattomaan lujuusluokkaan kuuluvat Kaipiaisen ja Lappeenrannan alueiden näytteet (tutkimuspisteet nro 19 ja 20). Sen sijaan hioutuvuuskokeen perusteella nämä näytteet eivät eroa muista tumman viborgiitin näytteistä, joista viiden näytteen saaman hioutuvuusluvun mukainen lujuusluokka on I-luokka. Ainoastaan näytteellä nro 17.2 on muita huonompi lujuusluokka (II-luokkaa), joka johtuu tässä kiviaineksessa esiintyvistä runsaasta mikrorakoilusta (taulukko 15).

Tummat viborgiitit sisältävät viborgiitteja enemmän tummia mineraaleja, varsinkin sarvivälkettä. Vaikka tummien mineraalien hioutuvuuskestävyys ei ole niin hyvä kuin esim. maasälpien, niin hioutuvuusluvuissa näiden kahden rapakivityypin välillä ei ole eroja.

Pyterliitti

Tutkituista pyterliittinäytteistä yksi on hioutuvuuskokeen perusteella lujuusluokaltaan A-luokkaa ja muut näytteet I-luokkaa (taulukko 15). Myös pyterliitin kohdalla tutkittujen näytteiden hioutuvuuskokeen mukaiset lujuusluokat poikkeavat täysin näiden näytteiden Los Angeles -kokeen perusteella saaduista lujuusluokista (III-luokka - luokaton). Pyterliittinäytteiden hioutuvuuksia tutkittaessa oli yhden näytteen osalta ongelmana näytelevyssä olevan suuren kvartsirakeen "kantaminen", josta aiheutui vääristyneitä tuloksia. Tummien mineraalien lähes täydellinen puuttuminen ja kiviaineksen koostuminen kovista mineraaleista selittää pyterliittien hyvät hioutuvuusominaisuudet.

Porfyrynen rapakivigraniitti

Myös tämän rapakivityypin näytteet ovat hioutuvuuskokeen perusteella tyypillisesti lujuudeltaan I-luokkaa, yhden näytteen ollessa jopa A-luokkaa. Lujuusluokaltaan II-luokkaan kuuluva näyte nro 28 on otettu kallioleikkauksesta. Tämän näytteen muita huonomman lujuusluokan selittää siinä runsaana esiintyvä mikrorakoilu.

Los Angeles-kokeen perusteella porfyyrinen rapakivigraniittien lujuusluokka vaihtelee I-luokan - luokattoman välillä (taulukko 10, sivulla 57). Myöskään tässä rapakivityypissä ei Los Angeles-kokeen perusteella I-lujuusluokkaa oleva näyte (nro 26.1) eroa hioutuvuuskokeen mukaisen lujuusluokan perusteella muista näytteistä.

Taulukko 15. Porfyyrysten rapakivien hioutuvuus- ja pistekuormituskokeiden tulokset ja lujuusluokat (kts. taulukko 3, sivu 49).

Table 15. Abrasion test and point load test values and strength classes of porphyritic rapakivi types (see Table 3 on page 49).

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)		Hiotuvuusluku/ lujuusluokka Abrasion value/ strength class	Pistekuormitusindeksi Is (50)/lujuusluokka Point load index/ strength class
1	Viborgiitti	2.2/I	-
2	Viborgiitti	2.0/I	-
3	Viborgiitti	2.1/I	-
4	Viborgiitti	2.0/I	7.2/III
5	Viborgiitti	2.2/I	-
6	Viborgiitti	2.2/I	-
7	Viborgiitti	2.4/II	-
8	Viborgiitti	2.2/I	5.7/-
9	Viborgiitti	2.3/I	-
10	Viborgiitti	2.3/I	-
11	Viborgiitti	2.2/I	8.4/III
12	Viborgiitti	2.1/I	9.8/II
13	Viborgiitti	2.2/I	-
14	Viborgiitti	2.3/I	-
15	Viborgiitti	2.3/I	4.4/-
16	Viborgiitti	2.3/I	9.7/II
17.1	Tumma viborgiitti	2.1/I	10.0/II
17.2	Tumma viborgiitti	2.7/II	-
18.1	Tumma viborgiitti	2.2/I	-
18.2	Tumma viborgiitti	2.3/I	-
19	Tumma viborgiitti	2.3/I	6.9/-
20	Tumma viborgiitti	2.2/I	4.0/-
21	Pyterliitti	1.8/A	-
22	Pyterliitti	2.2/I	-
23	Pyterliitti	1.9/I	7.1/III
24	Pyterliitti	2.0/I	5.5/-
25	Pyterliitti	2.1/I	-
26.1	Porfyyr. rapakivigran.	1.9/I	10.1/II
26.2	Porfyyr. rapakivigran.	2.2/I	8.1/III
27	Porfyyr. rapakivigran.	1.8/A	5.9/-
28	Porfyyr. rapakivigran.	2.5/II	7.2/III
29	Porfyyr. rapakivigran.	2.2/I	-

Porfyyriset rapakivet (viborgiitti, tumma viborgiitti, pyterliitti, porfyyrinen rapakivigraniitti) ovat yleisesti hioutuvuuskokeen perusteella lujuusluokaltaan I-luokkaa. Porfyyrysten rapakivien hyvän hioutuvuuslujuuden selittää näiden rapakivityyppien päämineraalien (kvartsi, maasälvät) kovuus. Varsinkin perusmassaltaan karkeiden porfyyrysten rapakivien hyvät hioutuvuusluvut

selittyvät sillä, että hioutuvuuslevyissä (rakeet 8-12 mm) nämä mineraalit esiintyvät suuressa määrin monomineraalisesti. Täten ne omina mineraalirakeina esiintyessään kestävät hyvin hiovaa kulutusta.

Tasarakeinen biotiittirapakivi

Hioutuvuuskokeen perusteella tutkittujen biotiittirapakivien lujuusluokka on pääsääntöisesti I-luokka (13 näytettä). Kuuden näytteen (tutkimuspisteet nro 31.1, 32, 33, 34.1, 37 ja 41) lujuusluokan ollessa A-luokkaa (taulukko 16). Los Angeles -kokeessa A-lujuusluokan saavuttaneet kolme biotiittirapakivinäytettä (tutkimuspisteet nro 31.1, 33 ja 37) ovat A-luokkaa myös hioutuvuuskokeen perusteella. Tutkimuspisteiden nro 31.1 ja 37 kiviainesten hyvät lujuusarvot selittää näiden näytteiden hienorakeisuus ja kvartsin runsaus.

Tutkimuspisteiden nro 32, 33 ja 34.1 kiviainesten hyvät lujuusominaisuudet johtuvat mineraalirakeiden pienirakeisuudesta sekä kvartsin runsaudesta, josta osa on myös osittain vierasmuotoista. Tekstuuritekijöiden ja mineraalikoostumuksen ansiosta nämä kiviainekset kestävät siten hyvin sekä iskua että hiovaa kulutusta.

Los Angeles-kokeen perusteella kolme karkearakeista biotiittirapakivinäytettä (tutkimuspisteet nro 36, 39 ja 41) ovat lujuusluokaltaan III-luokkaa - luokatonta (taulukko 11, sivulla 59). Sen sijaan hioutuvuuskokeen perusteella nämä näytteet ovat A - I-lujuusluokkaa. Myös perusmassaltaan karkearakeiset porfyiriset rapakivet omaavat hyvän hioutuvuuslujuuden, kuten jo aikaisemmin selvitettiin.

Kymin harmaa rapakivi

Tämä rapakivityyppi (tutkimuspiste nro 47) edustaa mineraalikoostumuksensa perusteella (kvartsi noin 40 %, topaasi noin 5 %) Viipurin batoliitin kovinta kiviainesta. Hioutuvuuskokeen perusteella tämän kiviaineksen lujuusluokka on kuitenkin "vain" I (taulukko 16). Tutkitun Kymin harmaa rapakiven raekoosta (keskirakeinen) ja mineraalirakeiden tasarakeisuudesta johtuen mineraalien väliset sidokset ovat löyhät ja siten hioutuvuusluku ei voi olla I-lujuusluokkaa parempi.

Porfyriapliitti

Johtuen perusmassan hienorakeisuudesta ja rapakivien "tyypillisestä mineraalikoostumuksesta", tutkitut porfyriapliitit ovat hioutuvuuskokeen perusteella lujuusluokaltaan A - I-luokkaa (taulukko 16). Tutkituista näytteistä kaksi on hioutuvuuskokeen perusteella lujuusluokaltaan A-luokkaa ja kahden muun näytteen lujuusluokka on "lähes" A-luokka. Los Angeles -kokeen perusteella A-luokan lujuusarvon saaneet biotiittirapakivinäytteet ovat A-luokkaa myös hioutuvuuden suhteen. Samoin on myös porfyriapliittien kohdalla; näyte nro 66 on molempien testien perusteella A-luokan kiviainesta.

Taulukko 16. Tasarakeisten biotiittirapakivien, Kymin harmaa rapakiven, porfyriapliittien ja kvartsiporfyyrin hioutuvuus- ja pistekuormituskokeiden tulokset ja lujuusluokat (kts. taulukko 3, sivu 49).

Table 16. Abrasion test and point load test values and strength classes of even-grained biotite rapakivi, grey Kymi rapakivi, porphyry aplite and quartz porphyry (see Table 3 on page 49).

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)		Hioutuvuusluku/ lujuusluokka Abrasion value/ strength class	Pistekuormitusindeksi Is (50)/lujuusluokka Point load index/ strength class
30	Biotiittirapakivi	2.0/I	-
31.1	Biotiittirapakivi	1.7/A	-
31.2	Biotiittirapakivi	2.0/I	-
32	Biotiittirapakivi	1.7/A	-
33	Biotiittirapakivi	1.7/A	-
34.1	Biotiittirapakivi	1.7/A	12.3/I
34.2	Biotiittirapakivi	2.2/I	6.6/-
35	Biotiittirapakivi	1.9/I	-
36	Biotiittirapakivi	2.0/I	-
37	Biotiittirapakivi	1.8/A	12.4/I
38	Biotiittirapakivi	2.1/I	10.6/II
39	Biotiittirapakivi	2.1/I	7.6/III
40	Biotiittirapakivi	1.9/I	-
41	Biotiittirapakivi	1.7/A	-
42	Biotiittirapakivi	2.1/I	10.7/II
43	Biotiittirapakivi	1.9/I	10.3/II
44	Biotiittirapakivi	2.0/I	-
45	Biotiittirapakivi	2.1/I	-
46	Biotiittirapakivi	2.3/I	9.9/II
47	Kymin harmaa rapakivi	2.2/I	7.7/III
64	Porfyriapliitti	2.0/I	-
65	Porfyriapliitti	2.0/I	-
66	Porfyriapliitti	1.8/A	-
67	Porfyriapliitti	1.8/A	11.5/I
68	Kvartsiporfyryri	1.4/A	12.7/I

Kvartsiporfyryri

Tutkituista rapakivinäytteistä kvartsiporfyyrinäyte (tutkimuspiste nro 68) on hioutuvuusluvun (= 1.4) perusteella selvästi paras. Tutkitun kvartsiporfyyrin A-lujuusluokan hioutuvuus- ja Los Angeles -luvut selittää tämän kiviaineksen hienorakeinen, kvartsi-rikas perusmassa, jonka mineraalit ovat osittain vierasmuotoisia.

Sarvivälkerapakivi

Sarvivälkerapakivien hioutuvuusarvot vaihtelevat selvästi alueellisesti. Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivien lujuusluokka on II, sen sijaan Jaalan-litin, sekä Pyhtään ja Haminan alueiden sarvivälkerapakivet ovat lujuudeltaan A - I-luokkaa (taulukko 17).

Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivissä ja Kuusankosken-litin alueen tummissa viborgiiteissa on molemmissa sarvivälkettä noin 10 %. Tummat mineraalit, myös sarvivälke, eivät tunnetusti kestä hiovaa kulutusta niin hyvin kuin esim. rapakivissä olevat maasälvät. Siten voitaisiin olettaa, että sarvivälkerapakivet ja tummat viborgiitit ovat samanlaisia hioutuvuuslujuudeltaan. Taulukosta 17 voidaan kuitenkin havaita, että Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivet (tutkimuspisteet nro 53-57) ovat kaikki hioutuvuuskokeen perusteella II-lujuusluokkaa. Sen sijaan Kuusankosken-litin alueen tummat viborgiitit (tutkimuspisteet nro 17-18) ovat lujuusluokaltaan I-luokkaa (taulukko 15, sivulla 67).

Kuusankosken-litin alueen tummien viborgiittien hyvän hioutuvuuslujuuden selittää tämän kiviaineksen mineraalien raekoko. Näiden kiviainesten perusmassassa ja sulkeumina ovoideissa esiintyy melko runsaasti hienorakeista kvartsia ja lisäksi sarvivälke on yleensä pienirakeista. Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivissä ei sen sijaan esiinny hienorakeista kvartsia ja sarvivälke on näissä kivissä osaksi myös karkearakeista (kts. sivu 40). Hioutuvuuslevyjen mineraalirakeista (8-12 mm) osa saattaa siten olla koostumukseltaan pelkästään sarvivälkettä, joka tekijä heikentää saatavia hioutuvuusarvoja.

Jaalan-litin juonen sarviväkerapakivi eroaa selvimmin Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivestä raekokonsa puolesta (kts. sivut 41-42). Jaalan-liti juonen kiviaines on perusmassaltaan hienorakeista. Vaikka sarvivälkkeen määrä on molempien alueiden kiviaineksissa yhtä suuri, Jaalan-litin sarvivälkerapakiven hienorakeisuus aiheuttaa sen, että tämän kiviaineksen hioutuvuuslujuus on A - I-luokkaa (vrt. Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivet II-luokkaa).

Petrografisessa kuvauksessa (sivu 42) todettiin, että Pyhtään ja Haminan alueiden pienialaiset sarvivälkerapakivet muistuttavat Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakiveä. Pyhtään ja Haminan alueiden sarvivälkerapakivien (tutkimuspisteet nro 51 ja 52) hioutuvuusluvut ovat kuitenkin selvästi paremmat kuin mitä ne ovat Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivillä (taulukko 17). Haminan alueen kiviaines on hioutuvuuskokeen perusteella peräti A-lujuusluokkaa. Tämän sarvivälkerapakiven kiintotiheys ($\rho = 2.64$) jo osaltaan kertoo, että tässä kiviaineksessa sarvivälkkeen määrä on selvästi vähäisempi kuin mitä se on Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivissä. Haminan ja Pyhtään alueiden sarvivälkerapakivien perusmassassa esiintyvä runsas hieno-pienirakeinen kvartsi lisää osaltaan näiden kiviainesten hioutuvuuslujuutta.

Tumma tasarakeinen rapakivi

Kuten tämän kiviaineksen petrografisessa kuvauksessa todettiin (sivut 43-44), tutkitut tiriliitit ovat mineraalikoostumuksensa ja tekstuurinsa puolesta keskenään hyvin samanlaisia. Los Angeles -kokeen yhteydessä tuotiin jo esille, että

Taulukko 17. Sarvivälkerapakivien ja tummien tasarakeisten rapakivien hioutuvuus- ja pistekuormituskokeiden tulokset ja lujuusluokat (kts. taulukko 3, sivu 49).

Table 17. Abrasion test and point load test values and strength classes of hornblende rapakivi and dark-coloured, even-grained rapakivi (see Table 3 on page 49).

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)		Hioutuvuusluku/ lujuusluokka Abrasion value/ strength class	Pistekuormitusindeksi Is (50)/lujuusluokka Point load index/ strength class
48	Sarvivälkerapakivi	1.9/I	10.7/II
49.1	Sarvivälkerapakivi	2.0/I	-
49.2	Sarvivälkerapakivi	2.2/I	-
50.1	Sarvivälkerapakivi	1.8/A	-
50.2	Sarvivälkerapakivi	1.8/A	-
51	Sarvivälkerapakivi	2.0/I	-
52	Sarvivälkerapakivi	1.8/A	11.1/I
53	Sarvivälkerapakivi	2.4/II	9.4/II
54	Sarvivälkerapakivi	2.7/II	9.7/II
55	Sarvivälkerapakivi	2.8/II	9.8/II
56	Sarvivälkerapakivi	2.4/II	6.7/-
57	Sarvivälkerapakivi	2.5/II	9.1/II
58	Tumma tasarakeinen	2.3/I	10.0/II
59	Tumma tasarakeinen	2.2/I	9.4/II
60.1	Tumma tasarakeinen	3.8/-	-
60.2	Tumma tasarakeinen	-	-
61.1	Tumma tasarakeinen	2.7/II	-
61.2	Tumma tasarakeinen	3.9/-	-
62	Tumma tasarakeinen	2.3/I	13.5, 12.4/A, I
63	Tumma tasarakeinen	2.9/III	9.3, 13.1/II, A

tiriliittinäytteiden väliset lujuuserot johtuvat pääasiassa mikrorakoilun määräs-
 tä (sivu 62). Tutkituissa näytteissä esiintyvän mikrorakoilun runsauden vaihtelu
 näkyy myös hioutuvuuskokeen perusteella saaduissa lujuusluokissa, jotka
 vaihtelevat I-luokasta - luokattomaan (taulukko 17).

Lappeenrannan alueen länsipuolen näytteissä (tutkimuspisteet nro 58 ja 59)
 sekä Ylämaan alueen näytteessä nro 62 esiintyy muita tiriliittinäytteitä vähem-
 män mikrorakoilua. Tämä näkyy myös näiden näytteiden muita parempina
 hioutuvuuslukuina (I-lujuusluokka). Varsinkin tutkimuspisteen nro 61 näyttei-
 den osalta tulee runsaan mikrorakoilun merkitys selvästi esille. Näyte nro 61.1
 on Los Angeles- ja hioutuvuuskokeiden perusteella lujuudeltaan II-luokkaa,
 mutta näyte nro 61.2, jossa mikroskooppitarkastelun perusteella on selvästi
 rinnakkaisnäytettään runsaammin mikrorakoilua, on näiden molempien kokei-
 den perusteella lujuudeltaan luokatonta.

Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivet (tutkimuspisteet nro 53-57) ovat hioutuvuudeltaan II-luokkaa (taulukko 17). Verrattaessa Lappeenrannan-Ylämaan tiriliittejä alueen sarvivälkerapakiviin, voidaan kiviaineen tekstuuritekijöiden perusteella päätellä, että vain vähäistä mikrorakoilua omaavat tiriliitit ovat hioutuvuuslujuudeltaan parempia kuin sarvivälkerapakivet. Tämä siksi, että tiriliittien perusmassassa esiintyy runsaasti hienorakeista kvartsia, joka puuttuu sarvivälkerapakivistä. Los Angeles-kokeen kohdalla todettiin, että tiriliittinen kiviaines, jossa ei esiinny runsasta mikrorakoilua on lujuusluokaltaan A - I-luokkaa (sivu 62). Lappeenrannan länsipuolen näytteiden (tutkimuspisteet nro 58 ja 59) ja Ylämaan näytteen nro 62 perusteella tämä kiviaines on hioutuvuuslujuudeltaan ainakin I-luokkaa.

5.7 Pistekuormitusindeksi

Viborgiitti

Pistekuormitusindeksi on määritetty kuudelle viborgiittinäytteelle, lujuusluokan vaihdellessa II-luokasta - luokattomaan (taulukko 15, sivulla 67). Samassa taulukossa oleviin hioutuvuuskokeen tuloksiin verrattuna, pistekuormituskokeen perusteella saadut lujuusluokat vaihtelevat selvästi. Sen sijaan Los Angeles- (taulukko 10, sivulla 57) ja pistekuormituskokeiden tulokset ovat hyvin samantlaiset.

Kaksi tutkituista viborgiittinäytteistä on pistekuormituskokeessa saadun lujuusluokan perusteella luokatonta. Nämä näytteet (tutkimuspisteet nro 8 ja 15) ovat myös Los Angeles -kokeen perusteella lujuusluokaltaan luokattomia. Huonoihin lujuusarvoihin on syynä kiviaineksessa esiintyvä runsas mikrorakoilu (tutkimuspiste nro 8), sekä perusmassan karkearakeisuus (tutkimuspiste nro 15).

Tutkimuspisteiden nro 4, 11, 12 ja 16 kiviainesten paremmat pistekuormituksen lujuusarvot johtuvat perusmassan pienempirakeisuudesta, jolloin mineraalien väliset sidokset eivät ole niin löyhät kuin karkeampirakeisilla mineraaleilla. Lisäksi näissä näytteissä ei ole niin selvää mikrorakoilua kuin kahdella huonomman pistekuormitusindeksiarvon omaavalla näytteellä.

Tumma viborgiitti

Kolmelle tummaa viborgiittia olevalle näytteelle on määritetty pistekuormitusindeksi. Kuusankosken-litin alueen näytteen nro 17.1 lujuusluokka on II. Kaipiaisen ja Lappeenrannan alueen näytteet nro 19 ja 20 ovat sen sijaan lujuusluokaltaan luokattomia (taulukko 15). Kuten jo todettiin viborgiittien yhteydessä, myös tummien viborgiittien osalta Los Angeles- ja pistekuormituskokeiden tulokset ovat hyvin samantlaiset.

Kuusankosken-litin alueen tummien viborgiittien perusmassan pienempirakeisuus, hienorakeisen kvartsin esiintyminen ja vähäisempi mikrorakoilu, verrattuna Kaipiaisen ja Lappeenrannan alueen näytteisiin, on vaikuttanut parempiin pistekuormitusindeksituloksiin.

Pyterliitti

Tutkitut kaksi pyterliittinäytettä ovat pistekuormituskokeen perusteella lujuusluokaltaan III-luokkaa - luokatonta (taulukko 15). Myös Los Angeles-kokeen perusteella pyterliitit ovat III-luokkaa - luokatonta. Hienorakeisen mineraaliaineksen lähes täydellinen puuttuminen, tummien mineraalien vähäisyys, sekä kiviaineksen koostuminen suurista omamuotoisista mineraaleista aiheuttaa sen, että se kestää huonosti pistemäistä kuormitusta. Osaltaan pyterliittien huonoon pistekuormituslujuuteen vaikuttaa myös runsaan mikrorakoilun esiintyminen kaikissa tutkituissa näytteissä.

Porfyyrinen rapakivigraniitti

Tutkitut neljä porfyyrinen rapakivigraniitin näytettä ovat pistekuormituskokeen perusteella lujuusluokaltaan II-luokkaa - luokatonta (taulukko 15). Tulokset ovat hyvin samansuuntaiset kuin näiden näytteiden Los Angeles -kokeen perusteella saadut lujuusluokat (taulukko 10, sivulla 57). Pistekuormituskokeen perusteella II-lujuusluokkaan kuuluva porfyyrinen rapakivigraniitti (tutkimuspiste nro 26.1) on Los Angeles-kokeen perusteella lujuusluokaltaan I-luokkaa. Näytteen nro 26.1 perusmassassa oleva runsas hienorakeinen kvartsi selittää tämän kiviaineksen hyvän isku- ja pistekuormituslujuuden. Lisäksi tässä näytteessä ei esiinny runsasta mikrorakoilua kuten muissa tutkituissa porfyyrissä rapakivigraniiteissa.

Tutkituista porfyyristä rapakivistä pistekuormituskokeen perusteella huonoimpaan lujuusluokkaan (III-luokka - luokaton) kuuluvat pyterliitit ja suurin osa porfyyristä rapakivigraniiteista. Samat kiviainekset ovat myös Los Angeles -kokeen perusteella huonointa kiviainesta. Parhaiten pistekuormitusta kestää näistä rapakivityypeistä Kuusankosken-litin alueen tummat viborgiitit.

Tasarakeinen biotiittirapakivi

Biotiittirapakivistä pistekuormitusindeksi on määritetty kahdeksalle näytteelle, lujuusarvon vaihdellessa I-luokan - luokattoman välillä (taulukko 16, sivulla 69). Kaksi tutkituista näytteistä (tutkimuspisteet nro 34.1 ja 37) on lujuusluokaltaan I-luokkaa. Näytteen nro 37 hyvät lujuusominaisuudet johtuvat kiviaineksen hienorakeisuudesta ja runsaasta hienorakeisesta kvartsista. Toinen I-luokan lujuusarvon omaava näyte (nro 34.1) on raekooltaan keskirakeinen, mutta siinä on tavallista runsaammin hienorakeista perusmassaa, jossa esiintyy runsaasti vierasmuotoista kvartsia.

Näytteen nro 34.1 kanssa samassa tutkimuspisteessä esiintyvä näyte nro 34.2 on sen sijaan pistekuormituskokeen perusteella lujuusluokaltaan luokatonta. Tämä näyte on lujuusluokaltaan luokatonta myös Los Angeles -kokeen perusteella (taulukko 11, sivulla 59). Näytteen nro 34.2 huonot lujuusarvot selittää mineraalirakeiden karkearakeisuus ja runsas mikrorakoilu (kuva 13, sivulla 38).

Biotiittirapakivinäyte nro 39 on raekooltaan karkearakeinen, josta johtuen pistekuormituskokeen lujuusarvoksi on tullut III-luokka. Myös Los Angeles-

kokeen perusteella tämä kiviaines on huonosti kulutusta kestävä, lujuusluokan ollessa luokatonta. Tutkituista näytteistä nro 38, 42 ja 46 edustavat ns. tyypillistä biotiittirapakiveä, jotka ovat sekä pistekuormitus- että Los Angeles-kokeiden perusteella lujuusluokaltaan II-luokkaa. Näissä näytteissä ei esiinny hienorakeista kvartsia perusmassassa, kuten on esim. näytteessä nro 43. Vaikka tämä näyte poikkeaa tekstuuriltaan ja raekooltaan ns. tyypillisestä biotiittirapakivestä, niin pistekuormituskokeen perusteella saatu lujuusluokka on kuitenkin sama, eli II-luokka.

Kymin harmaa rapakivi

Pistekuormituskokeen perusteella tämä kiviaines (tutkimuspiste nro 47) on lujuusluokaltaan III-luokkaa (taulukko 16). Pistekuormituskokeessa saadun huonon lujuusarvon selittää kiviaineksen mineraalien omamuotoisuus, tasarakeisuus, hienon mineraaliaineksen sekä joustavien tummien mineraalien lähes täydellinen puuttuminen.

Porfyryripliitti

Tutkituista porfyryripliittinäytteistä on pistekuormituskoe suoritettu vain yhdelle näytteelle (tutkimuspiste nro 67). Pistekuormituskokeen perusteella tämä kiviaines on lujuusluokaltaan I-luokkaa (taulukko 16). Hyvään lujuusarvoon on vaikuttanut mineraaliaineksen hienorakeisuus.

Kvartsiporfyryri

Vaikka tutkittu näyte (tutkimuspiste n:o 68) on Los Angeles- ja hioutuvuuskokeiden perusteella lujuudeltaan A-luokkaa, niin pistekuormituskokeen perusteella se on "vain" I-luokkaa (taulukko 16). Kiviaineksen koostuminen lähes täysin kovista vaaleista mineraaleista ja siten joustavien tummien mineraalien hyvin vähäinen esiintyminen aiheuttaa sen, että tämä kiviaines, hienorakeisuudestaan huolimatta, ei ole pistekuormituslujuudeltaan I-luokkaa parempaa.

Sarvivälkerapakivi

Pistekuormituskokeen perusteella sarvivälkerapakivien lujuusluokka vaihtelee I-luokasta - luokattomaan (taulukko 17, sivulla 71). Los Angeles- (taulukko 12, sivulla 61) ja hioutuvuuskokeiden tulosten perusteella Jaalan-litin juonen sarvivälkerapakivet (tutkimuspisteet nro 48-50) ovat lujuudeltaan A - I-luokkaa. Sen sijaan Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivet (tutkimuspisteet nro 53-57) ovat lujuudeltaan II - III-luokkaa. Pistekuormituskokeen perusteella lujuusluokassa on samanlainen eroavaisuus; Jaalan-litin juonen sarvivälkerapakivet ovat I-luokkaa ja Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivet II-luokkaa.

Lappeenrannan alueella olevan tutkimuspisteen nro 56 kiviaineksessa esiintyy tavallista runsaammin mikrorakoilua. Tästä syystä tämä sarvivälkerapakivi

on pistekuormituskokeen perusteella lujuudeltaan luokatonta, vaikka Los Angeles -kokeen tuloksiin (II-luokkaa) runsas mikrorakoilu ei ole vaikuttanut.

Jaalan-litin juonen sarvivälkerapakivien paremmat pistekuormituskokeen lujuusarvot verrattuna Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakiviin johtuvat samoista syistä kuin jo Los Angeles -kokeen yhteydessä selvitettiin. Jaalan-litin juonen sarvivälkerapakivien hyvät lujuusarvot selittää kiviaineen hienorakeinen, tiivis perusmassa.

Haminan alueen sarvivälkerapakivi (tutkimuspiste nro 52) on pistekuormituskokeen perusteella lujuudeltaan I-luokkaa (taulukko 17). Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivinäytteitä parempi lujuusluokka johtuu siitä, että tässä kiviaineessa on runsaasti hienorakeista kvartsia, joka liittyy isommat mineraalirakeet tiiviimmin yhteen ja siten parantaa lujuusominaisuuksia.

Tumma tasarakeinen rapakivi

Tämän rapakivityypin lujuutta on pistekuormituskokeen avulla selvitetty neljässä tutkimuspisteessä. Lappeenrannan länsipuolen tutkimuspisteissä nro 58 ja 59 pistekuormituskokeen perusteella saatu lujuusluokka on II. Sen sijaan Ylämaan alueella olevissa tutkimuspisteissä nro 62 ja 63 havaittiin, että lujuusluokka vaihtelee syvyyden mukaan (taulukko 17, sivulla 71).

Tutkimuspisteen nro 62 kiviaines on A - I-luokkaa Los Angeles- ja hioutuvuuskokeiden perusteella. Tämän rapakivityypin petrografisessa kuvauksessa todettiin (sivu 44), että Lappeenrannan eteläpuolella ja Ylämaan alueella tutkituista tiriliittinäytteistä tämä on ainoa tutkimuspiste, jonka kalliooperän pintaosan osittaisen rapautumisen (mikrorakoilun) havaitsee vasta mikroskooppitutkimuksen avulla. Myös saadut pistekuormituskokeen tulokset viittaavat tähän. Tutkimuspisteen nro 62 kairasydännäyte, joka on kallionpinnasta 1.5-2.0 m:n syvyydeltä, on pistekuormituksessa antanut A-luokan lujuusarvon 13.5 ja 7-8 m:n syvyydeltä oleva näyte I-luokan lujuusarvon 12.4.

Tutkimuspisteen nro 63 kiviaines on III-luokkaa Los Angeles- ja hioutuvuuskokeiden perusteella. Tässä tutkimuspisteessä laboratorionäytteiden ottaminen oli hyvin hankalaa, koska kallioalueen pintaosa on kauttaaltaan noin 1 m:n syvyyteen saakka osittain rapautunutta. Kallionpinnasta 0.5-1.0 m:n syvyydeltä tutkitun kairasydännäytteen pistekuormitusindeksi on 9.3, eli lujuusluokaltaan II-luokkaa. Sen sijaan 7.5-8.4 m:n syvyydeltä olevan kairasydännäytteen pistekuormitusindeksi on 13.1, eli lujuusluokaltaan A-luokkaa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Taulukoissa 18-20 on esitetty tutkittujen rapakivinäytteiden laatuluokat. Ne on määritetty ensisijaisesti Los Angeles-, haurausarvo- ja hioutuvuuskokeiden perusteella, vaikka osalle näytteitä on tehty myös pistekuormituskoe. Tämä siksi, että näytteitä voitaisiin verrata keskenään. Jos näytteille on tehty

pistekuormituskoe, suluissa on esitetty hioutuvuus- ja pistekuormituskokeiden mukainen laatuluokka.

Viborgiitti

Taulukossa 18 on esitetty tutkittujen viborgiittinäytteiden laatuluokat. Taulukosta voidaan havaita, että yksikään tutkittu viborgiittinäyte ei ole laatuluokaltaan A-luokkaa ja vain yhden näytteen laatuluokka on I. Tällä kallioalueella (tutkimuspiste nro 2) oleva hyvälaatuinen viborgiitti on kuitenkin määrältään niin vähäinen, että sitä ei voida taloudellisesti hyödyntää.

Siten laadultaan parhaimmat viborgiittia olevat kallioalueet, jotka ovat hyödynnettävissä, ovat laatuluokaltaan II-luokkaa. Tämän laatuluokan kiviainekset soveltuvat sellaisten teiden päällystekiviaineeksi, joilla liikennemäärät ovat alle 5000 ajoneuvoa vuorokaudessa (taulukko 5, sivulla 50). Tutkituista 16 viborgiittia olevasta kallioalueesta II-laatuluokkaa on kuuden kallioalueen kiviaines. Los Angeles-, haurausarvo- ja hioutuvuuskokeiden perusteella II-laatuluokkaa olevista näytteistä neljälle on myös tehty pistekuormituskoe. Jos huomioimme pistekuormituskokeen tulokset, II-laatuluokkaa on vain neljä kallioaluetta.

Osa viborgiittisesta kallioaineksesta on laatuluokaltaan luokatonta ja siten tämä kiviaines ei sovellu minkäänlaiseen tienpäällysteeseen. Taavetin länsipuolella, viborgiittia olevassa kiviaineksessa (tutkimuspisteet nro 8 ja 9) on runsasta mikrorakoilua, josta syystä tämä kiviaines ei kestä iskua eikä pistemäistä kuormitusta. Ylämaan alueen viborgiittien (tutkimuspisteet nro 14 ja 15) huonot laatuominaisuudet johtuvat kiviaineksen perusmassan karkearakeisuudesta.

Selvitettäessä viborgiittien Los Angeles -kokeen mukaisia lujuusluokkia todettiin, että alle 10 % Viipurin batoliitin viborgiittisesta kallioperästä on tämän kokeen perusteella lujuusluokaltaan II-luokkaa tai parempaa. Yli 90 % batoliitin viborgiittisesta kallioperästä on laatuluokaltaan III-luokkaa tai luokatonta. Siten vain vähäisen mikrorakoilun omaava viborgiittinen kiviaines soveltuu yleensä päällystekiviaineeksi teille, joilla liikennemäärät ovat alle 1000 ajoneuvoa vuorokaudessa (taulukko 5, sivulla 50).

Tumma viborgiitti

Tutkitut tummat viborgiitit ovat laatuluokaltaan I-luokkaa - luokatonta (taulukko 18). Kuusankosken-litin alueen näytteiden (nro 17.1, 18.1) perusteella tumma viborgiitti on I - II-laatuluokkaa. Huomioimalla pistekuormitus- ja hioutuvuuskokeiden tuloksen (näyte nro 17.1), laatuluokka on kuitenkin todennäköisesti II. Siten tämän alueen tummat viborgiitit soveltuvat tienpäällystekiviaineeksi teille, joilla liikennemäärät ovat alle 5000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Lappeenrannan alueen tumma viborgiitti (tutkimuspiste nro 20) ei sovellu tienpäällystekiviaineeksi, koska se on laatuluokaltaan luokatonta. Kaipiaisen alueen tumma viborgiitti (tutkimuspiste nro 19) soveltuu päällystekiviaineeksi teille, joilla liikennemäärät ovat alle 1000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Taulukko 18. Porfyristen rapakivien laatuluokat. Kiviainesten laatuluokat on määritetty kokeiden 1, 2 ja 3 perusteella. Suluissa olevat laatuluokat on määritetty kokeiden 3 ja 4 perusteella. 1= Los Angeles -koe, 2= haurausarvokoe, 3= hioutuvuuskoe, 4= pistekuormituskoe.

Table 18. Quality classes of porphyritic rapakivi types. The quality classes of the mineral aggregates have been determined by tests 1, 2 and 3. The quality classes in parentheses have been determined by tests 3 and 4. 1 = Los Angeles test, 2 = Swedish impact test, 3 = abrasion test, 4 = point load test.

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)		1	2	3	4	Laatuluokka Quality class	
1	Viborgiitti	II	II	I		II	
2	Viborgiitti	II	I	I		I	
3	Viborgiitti	II	III	I		II	
4	Viborgiitti	II	III	I	III	II	(III)
5	Viborgiitti	III	II	I		II	
6	Viborgiitti	III	-	I		III	
7	Viborgiitti	III	III	II		III	
8	Viborgiitti	-	-	I	-	-	(-)
9	Viborgiitti	-	-	I		-	
10	Viborgiitti	III	III	I		III	
11	Viborgiitti	II	II	I	III	II	(III)
12	Viborgiitti	II	III	I	II	II	(II)
13	Viborgiitti	III	III	I		III	
14	Viborgiitti	-	-	I		-	
15	Viborgiitti	-	-	I	-	-	(-)
16	Viborgiitti	II	III	I	II	II	(II)
17.1	Tumma viborgiitti	II	II	I	II	II	(II)
17.2	Tumma viborgiitti	III	III	II		III	
18.1	Tumma viborgiitti	I	II	I		I	
18.2	Tumma viborgiitti	II	III	I		II	
19	Tumma viborgiitti	III	III	I	III	III	(III)
20	Tumma viborgiitti	-	-	I	-	-	(-)
21	Pyterliitti	III	III	A		III	
22	Pyterliitti	-	-	I		-	
23	Pyterliitti	-	-	I	III	-	(III)
24	Pyterliitti	-	-	I	-	-	(-)
25	Pyterliitti	III	-	I		III	
26.1	Porfyrr. rapakivigran.	I	II	I	II	I	(II)
26.2	Porfyrr. rapakivigran.	II	III	I	III	II	(III)
27	Porfyrr. rapakivigran.	III	-	A	-	III	(-)
28	Porfyrr. rapakivigran.	-	-	II	III	-	(III)
29	Porfyrr. rapakivigran.	III	-	I		III	

Pyterliitti

Tutkitut viisi pyterliittinäytettä ovat laatuluokaltaan III-luokkaa - luokatonta (taulukko 18). Siten paras pyterliittinen kiviaines soveltuu tienpäällystekiviaineeksi teille, joilla liikennemäärät ovat alle 1000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Porfyyrinen rapakivigraniitti

Porfyyriset rapakivigraniitit ovat laatuluokaltaan I-luokkaa - luokatonta (taulukko 18). Tutkimuspisteen nro 26.1 I-luokan kiviaines on kuitenkin määrältään niin vähäinen, että sen hyödyntäminen ei ole taloudellista. Siten voidaan sanoa, varsinkin jos huomioimme pistekuormituskokeiden tulokset, että hyödynnettävät porfyyriset rapakivigraniittialueet ovat laatuluokaltaan samaa luokkaa kuin pyterliittinen kiviaines. Siten tämä rapakivityyppi soveltuu päällystekiviaineeksi korkeintaan teille, joilla liikennemäärät ovat alle 1000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Tasarakeinen biotiittirapakivi

Tutkitut 19 biotiittirapakivinäytettä ovat laatuluokaltaan A-luokkaa - luokatonta (taulukko 19). Valitettavasti A-laatuluokan omaavan kiviaineksen kallioalueita (tutkimuspisteet nro 31.1, 33 ja 37) ei voida hyödyntää päällystekiviaineeksi. Tutkimuspisteiden nro 31.1 ja 33 alueella esiintyvä A-laatuluokan kiviaines on määrältään liian vähäinen. Tutkimuspisteen nro 37 alueella olevan hyvälaatuisen kiviaineksen käytön estää ympäristötekijät, koska tämä alue sijaitsee Kymijoen välittömässä läheisyydessä. Siten tutkituista biotiittirapakiveä olevista kallioalueista yksikään ei sovellu hyödynnettäväksi päällystekiviaineeksi teille, joilla keskivuorokausiliikenne on yli 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Sen sijaan päällystekiviaineeksi teille, joille vaatimuksena on I-laatuluokka, soveltuu jo useita tutkittuja kallioalueita. Tällaista kiviainesta esiintyy tutkimuspisteiden nro 30, 31.2, 32, 34.1, 40 ja 43 alueilla. Tutkimuspisteessä nro 30 olevan kallioalueen käyttöä rajoittaa alueen etäisyys päätieverkolta. Tutkimuspisteissä nro 31.2 ja 32 olevia kallioalueita tulisi tutkia lisää (mm. syväkairata), ennenkuin niitä voitaisiin mahdollisesti hyödyntää.

Tutkimuspisteen nro 34 alueella on ollut louhostoimintaa jo 1960-luvun alkupuolella. Tämän entisen louhoksen kiviaineksen laatu on selvitetty tässä tutkimuksessa. Tuleva louhinta mahdollistaa I-laatuluokan kiviaineksen (näyte nro 34.1) hyväksikäytön päällystekiviaineeksi ja siten samalla alueella oleva luokaton kiviaines (näyte nro 34.2) voidaan käyttää esim. kunnossapitomurskeeksi. Tämän alueen kiviainesta päästään louhimaan tarvittaessa jo vuoden sisällä.

Tutkimuspisteen nro 43 alueella on myös ollut 1960-luvulla louhostoimintaa. Myös tämän alueen kiviainesta päästään hyödyntämään lähivuosien aikana.

Suurin osa tutkituista biotiittirapakivistä on laatuluokaltaan II-luokkaa. Siten nämä kiviainekset soveltuvat päällysteisiin myös valta- ja kantateille, joilla

liikennemäärät ovat alle 5000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Valitettavasti Viipurin batoliitin alueella esiintyvistä biotiittirapakivestä suurin osa on karkearakeista biotiittirapakiveä (tutkimuspisteet nro 36 ja 39). Tämä biotiittirapakivi on laatuluokaltaan III-luokkaa - luokatonta, joten usein näitä biotiittirapakiviä ei voida käyttää tienpäälystekiviaineeksi.

Kymin harmaa rapakivi

Tutkittu tasarakeinen Kymin harmaa rapakivinäyte on laatuluokaltaan II-luokkaa. Pistekuormituskokeen mukaan laatuluokka on kuitenkin III (taulukko 19). Siten tämän kiviaineen käyttäminen päälystekiviaineena yli 1000 ajoneuvoa vuorokaudessa oleville teille on kyseenalaista. Tutkimuspisteen alueella Kymen tiepiiri louhii tienrakennusmateriaaliksi tätä kiviainesta.

Porfyriapliitti

Tutkitut neljä porfyriapliittinäytettä ovat laatuluokaltaan A - II-luokkaa (taulukko 19). Tutkittujen näytteiden kallioalueista ainakin tutkimuspisteiden nro 65 ja 66 alueet ovat liian pienialaisia, jotta niitä kannattaisi hyödyntää. Mahdollisesti myös tutkimuspisteen nro 64 porfyriapliittisen kiviaineen kallioalue on liian pienialainen.

Siten ilmeisesti tutkituista porfyriapliiteista ainoastaan tutkimuspisteen nro 67 kiviainesta kannattaa hyödyntää. Tämä kiviaines on tutkimusten perusteella laatuluokaltaan I-luokkaa, joten se kelpaa tienpäälystekiviaineeksi teille, joilla keskivuorokausiliikenne on korkeintaan 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Tällä kallioalueella on Kymen tiepiirin louhos.

Kvartsiporfyryri

Ainoa tutkittu kvartsiporfyyrinäyte on laatuluokaltaan A-luokkaa. Jos huomioimme pistekuormituskokeen, laatuluokaksi tulee I-luokka (taulukko 19). Tämä kvartsiporfyyrijuoni, kuten muutkin Kymen tiepiirin alueella havaitut kvartsiporfyyrijuonet, ovat kuitenkin valitettavasti liian pienialaisia (leveys alle 10 m). Siten ne eivät ole hyödyntämiskelpoisia.

Taulukko 19. Tasarakeisten biotiittirapakivien, Kymin harmaa rapakiven, porfyryripliittien ja kvartsiporfyryrin laatuluokat. Kiviainesten laatuluokat on määritetty kokeiden 1, 2 ja 3 perusteella. Suluissa olevat laatuluokat on määritetty kokeiden 3 ja 4 perusteella. 1 = Los Angeles-koe, 2 = haurausarvokoe, 3 = hioutuvuuskoe, 4 = pistekuormituskoe.

Table 19. Quality classes of even-grained biotite rapakivi, grey Kymi rapakivi, porphyry aplite and quartz porphyry. The quality classes of mineral aggregates have been determined by tests 1, 2 and 3. The quality classes in parentheses have been determined by tests 3 and 4. 1 = Los Angeles test, 2 = Swedish impact test, 3 = abrasion test, 4 = point load test.

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)		1	2	3	4	Laatuluokka Quality class	
30	Biotiittirapakivi	I	II	I		I	
31.1	Biotiittirapakivi	A	A	A		A	
31.2	Biotiittirapakivi	I	II	I		I	
32	Biotiittirapakivi	I	I	A		I	
33	Biotiittirapakivi	A	II	A		A	
34.1	Biotiittirapakivi	I	II	A	I	I	(I)
34.2	Biotiittirapakivi	-	-	I	-	-	(-)
35	Biotiittirapakivi	II	III	I		II	
36	Biotiittirapakivi	III	III	I		III	
37	Biotiittirapakivi	A	I	A	I	A	(I)
38	Biotiittirapakivi	II	II	I	II	II	(II)
39	Biotiittirapakivi	-	-	I	III	-	(III)
40	Biotiittirapakivi	I	II	I		I	
41	Biotiittirapakivi	III	III	A		III	
42	Biotiittirapakivi	II	II	I	II	II	(II)
43	Biotiittirapakivi	I	II	I	II	I	(II)
44	Biotiittirapakivi	II	III	I		II	
45	Biotiittirapakivi	II	III	I		II	
46	Biotiittirapakivi	II	III	I	II	II	(II)
47	Kymin harmaa rapakivi	II	III	I	III	II	(III)
64	Porfyryripliitti	I	II	I		I	
65	Porfyryripliitti	II	II	I		II	
66	Porfyryripliitti	A	II	A		A	
67	Porfyryripliitti	I	II	A	I	I	(I)
68	Kvartsiporfyryri	A	I	A	I	A	(I)

Sarvivälkerapakivi

Tutkittujen sarvivälkerapakivien laatuluokka on A - III. Jaalan-litin juonen kiviainekset ovat tyypillisesti A-laatuluokkaa. Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivien laatuluokka on II - III. Jos huomioimme pistekuormituskokeen tulokset Lappeenrannan alueen sarvivälkerapakivien laatuluokka on II. Ainoastaan näytteen nro 56 laatuluokka on luokaton, koska kiviaineksessa on runsasta mikrorakoilua (taulukko 20).

Taulukko 20. Sarvivälkerapakivien ja tummien tasarakeisten rapakivien laatuluokat. Kiviainesten laatuluokat on määritetty kokeiden 1, 2 ja 3 perusteella. Suluissa olevat laatuluokat on määritetty kokeiden 3 ja 4 perusteella. 1 = Los Angeles -koe, 2 = haurausarvokoe, 3 = hioutuvuuskoe, 4 = pistekuormituskoe.

Table 20. Quality classes of hornblende rapakivi and dark-coloured, even-grained rapakivi. The quality classes of mineral aggregates have been determined by tests 1, 2 and 3. The quality classes in parentheses have been determined by tests 3 and 4. 1 = Los Angeles test, 2 = Swedish impact test, 3 = abrasion test, 4 = point load test.

Tutkimuspiste ja kivi- aines (kuva 1, sivu 13) Observation site and mineral aggregate (fig. 1 on page 13)		1	2	3	4	Laatuluokka Quality class	
48	Sarvivälkerapakivi	A	A	I	I	A	(I)
49.1	Sarvivälkerapakivi	A	I	I		I	
49.2	Sarvivälkerapakivi	II	III	I		II	
50.1	Sarvivälkerapakivi	A	I	A		A	
50.2	Sarvivälkerapakivi	A	I	A		A	
51	Sarvivälkerapakivi	II	III	I		II	
52	Sarvivälkerapakivi	I	II	A	I	I	(I)
53	Sarvivälkerapakivi	II	II	II	II	II	(II)
54	Sarvivälkerapakivi	II	III	II	II	II	(II)
55	Sarvivälkerapakivi	III	III	II	II	III	(II)
56	Sarvivälkerapakivi	II	II	II	-	II	(-)
57	Sarvivälkerapakivi	III	-	II	II	III	(II)
58	Tumma tasarakeinen	I	II	I	II	I	(II)
59	Tumma tasarakeinen	II	I	I	II	I	(II)
60.1	Tumma tasarakeinen	-	-	-		-	
60.2	Tumma tasarakeinen	-	-			-	
61.1	Tumma tasarakeinen	II	II	II		II	
61.2	Tumma tasarakeinen	-	-	-		-	
62	Tumma tasarakeinen	A	I	I	A	A	(I)
63	Tumma tasarakeinen	III?	II?	III/I	II/A	II?	(I)

Pistekuormitusindeksi on määritelty vain yhdelle Jaalan-litin juonen näytteelle (tutkimuspiste nro 48); tämän mukaan kiviaines on I-laatuluokkaa. Mahdollisesti Jaalan-litin juonen sarvivälkerapakiviaines on käyttökelpoista myös kaikista vilkkaimpien teiden päällystekiviaineeksi, joilla liikennemäärät ovat yli 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Kaksi muuta tutkittua sarvivälkerapakivinäytettä (tutkimuspisteet nro 51 ja 52) ovat laatuluokaltaan I - II-luokkaa. Haminan pohjoispuolella esiintyvän I-laatuluokan sarvivälkerapakiven alueella (tutkimuspiste nro 52) Kymen tiepiiri louhii tätä kiviainesta tienpäällystekiviaineeksi. Tämä kiviaines on käyttökelpoista alle 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa olevien teiden päällystekiviaineeksi. Myös Jaalan-litin juonen alueella Kymen tiepiiri harjoittaa louhostoimintaa, tutkimuspisteiden nro 48 ja 50 alueilla.

Tumma tasarakeinen rapakivi

Tämän rapakivityypin alueella kiviaineksen laatuluokka vaihtelee kaikista eniten, A-luokasta - luokattomaan (taulukko 20). Tämä johtuu siitä, kuten jo aikaisemmin on todettu, että tälle kiviainekselle on tyypillistä runsas mikrorakoilu, varsinkin Lappeenrannan eteläpuolella ja Ylämaan alueella. Lappeenrannan länsipuolella tutkitut kallioalueet (tutkimuspisteet nro 58 ja 59) ovat laatuluokaltaan I-luokkaa. Pistekuormituskoe huomioiden laatuluokka on kuitenkin II. Siten nämä kiviainekset soveltuvat tienpäälystekiviaineeksi teille, joilla keskivuorokausiliikenne on alle 5000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Lappeenrannan eteläpuolen ja Ylämaan alueen tumma tasarakeinen rapakivi eli tiriliitti on laatuluokaltaan A-luokkaa - luokatonta, ja pistekuormituskoe huomioiden I-luokkaa - luokatonta. Tutkimuspisteen n:o 63 kiviaines on pintanäytteen perusteella (näyte kalliosta räjäyttämällä) laatuluokaltaan II-luokkaa. Kairasydännäytetutkimuksen perusteella syvempänä kallionpinnasta olevassa kiviaineksessa ei ole runsasta mikrorakoilua, joten laatuluokaksi on saatu I-luokka.

On siis hyvin todennäköistä, että myös muilla tämän kivilajin alueilla kuin nro 63, runsas mikrorakoilu ulottuu vain aivan pintakerrokseen, 1.5-2.0 m:n syvyyteen. Siten tämä kiviaines on myös laajemmalti laatuluokaltaan I-luokkaa. Tähän viittaa myös läheisen tutkimuspisteen n:o 62 tulokset; kiviaineksen laatuluokaksi on saatu I, kun on huomioitu pistekuormituskokeen tulokset. Kiviaines soveltuu tienpäälystekiviaineeksi teille, joilla keskivuorokausiliikenne on alle 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Tienpäälystekiviainesten saatavuus

Johtopäätösten lopuksi tarkastellaan lyhyesti Viipurin batoliitin alueella olevan päätieverkoston osalta tienpäälystekiviainesten saatavuutta ja varsinkin ns. puutealueiden sijaintia. Kuvassa 1 (sivulla 13) on esitetty tutkimuspisteiden sijainnin lisäksi rapakivibatoliitin alueella oleva päätieverkosto ja sillä esiintyvät liikennemäärät.

Uudenmaan tiepiirin osalta, Viipurin batoliitin alueella olevien vilkasliikenteisten (KVL yli 5000) valtateiden nro 6 ja 7 yhteispituus on noin 57 km (kuva 1, sivulla 13). Uudenmaan tiepiiri on käyttänyt näiden teiden ja myös tämän alueen muun tiestön päälystekiviaineeksi Koskenkylässä olevan louhoksen kiviainesta. Tämä kiviaines, tonaliitti, on laatuluokaltaan A-luokkaa, joten se on käyttökelpoista kiviainesta myös kaikkein vilkkaimpien teiden (KVL yli 10 000) päälystekiviaineeksi.

A-laatuluokan rapakiviainesta esiintyy Viipurin batoliitin alueella vain Jaalan-litin sarvivälkerapakivijuonen yhteydessä (tutkimuspisteet nro 48 ja 50). Kouvolan alueen tiestön päälystekiviaineshuolto voidaan hoitaa tämän alueen turvin. Sen sijaan Kotkan-Karhulan-Haminan alueelle on Jaalan-litin alueelta pitkä kuljetusmatka. Tämän alueen päätiestön päälystekiviaineksena onkin käytetty Koskenkylän tonaliittia. Vuoden 1990 lopulla avattu louhos Jaalan alueelle (tutkimuspiste nro 50) saattaa kuitenkin muuttaa tilanteen siten, että tulevaisuudessa Kotkan-Karhulan-Haminan alueen vilkasliikenteisten teiden päälystekiviaines tuodaan tästä louhoksesta.

Lappeenrannan alueella ei myöskään ole A-laatuluokan rapakiviainesta. Tämän alueen tiestön päällystekiviaineeksena on käytetty valtateiden nro 6 ja 13 risteysalueen läheisyydessä esiintyvää plagioklaasiporfyyriittiä. Alueella on Kymen tiepiirin louhos.

Viipurin batoliitin alueella olevasta Kymen tiepiirin alaisesta tiestöstä lähes 200 km:lla on liikennemäärät 5001-10000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Valtaosa näistä teistä on valtateitä (taulukko 1, sivulla 12). Tämän liikennemäärän omaava tiestö vaatii päällystekiviaineeksi vähintään I-laatuluokan kiviaineksen. Valtatie 6 välillä Uudenmaan tiepiirin raja - Kouvola on sikäli ongelmallinen, että vähintään I-laatuluokan kallioalueet ovat suhteellisen kaukana. Mahdollisia päällystekiviainespaiikkoja ovat Koskenkylän tonaliitti, Jaalan-litin alueen sarvivälkerapakivi (tutkimuspisteet nro 48 ja 50), sekä myös mahdollisesti Kuusankosken-litin alueen tumma viborgiitti (tutkimuspisteet nro 17 ja 18).

Muita selviä puutealueita riittävän hyvän päällystekiviaineksen suhteen on vt 6:lla, välillä Kouvola-Taavetti ja Taavetti-Lappeenranta. Taavetti-Lappeenranta välin päällystekiviaineeksena on käytetty Lappeenrannan alueen plagioklaasiporfyyriittiä. Kouvola-Taavetti välille päällystekiviaines joudutaan tuomaan melko kaukaa, joko Lappeenrannasta plagioklaasiporfyyriittiä, Jaalan alueelta sarvivälkerapakiveä tai sarvivälkerapakiveä Haminan pohjoispuoliselta alueelta (tutkimuspiste nro 52).

Muun Kymen tiepiirin yleisen tiestön osalta päällystekiviainesten kuljetusmatkat jäävät usein suhteellisen lyhyiksi, eli alle 15 km. Kymen tiepiirin ylläpitämän yleisen tiestön lisäksi Viipurin batoliitin alueella olevien kaupunkien alueella on runsaasti vilkkaasti liikennöityjä katu- ja tieosuuksia. Yleinen suuntaus on kuitenkin ollut se, että kaupungit eivät ole kiinnittäneet paljoakaan huomiota niiden katuverkoston päällysteissä käytettävän kiviaineksen laatuun.

7 YHTEENVETO

Tärkeimmät kiviaineksen lujuuteen ja kulutuskestävyyteen vaikuttavat tekijät ovat kiviaineksen mineraalikoostumus, kiviaineksen rikkonaisuus ja rapautuneisuus sekä kiviaineksen tekstuuritekijät. Tekstuuritekijöihin kuuluu mineraalien raekoko, yhteenliittyminen ja keskinäinen ryhmittäminen.

Viipurin batoliitin Suomen puoleisen alueen (noin 8500 km²) rapakivet ovat pääasiassa porfyyrisiä rapakiviä (noin 90 %). Näitä ovat viborgiitti, tumma viborgiitti, pyterliitti ja porfyyrinen rapakivigraniitti. Porfyyristen rapakivien lisäksi batoliitin alueella esiintyviä rapakivityyppejä ovat tasarakeinen biotiittirapakivi, Kymen harmaa rapakivi, sarvivälkerapakivi, tumma tasarakeinen rapakivi eli tiriliitti, porfyyriapliitti sekä kvartsiporfyyrijuonet.

Eri rapakivityypit eroavat toisistaan pääasiassa tekstuuritekijöiden, mikrorakoilun määrän ja vähäisessä määrin myös mineraalikoostumuksen suhteen. Kaikkien rapakivityyppien päämineraaleina ovat kalimaasälpä (40-60 %), kvartsi (10-40 %) ja plagioklaasi (5-30 %). Tummista mineraaleista vain sarvivälke esiintyy päämineraalina (10-15 %) joissakin sarvivälkerapakivissa.

Rapakivien tärkein tekstuuritekijä on raekoko, joka vaihtelee selvästi eri rapakivityyppien välillä sekä myös tietyn rapakivityypin sisällä. Suurin osa rapakivistä on raekooltaan karkearakeisia, mutta varsinkin tasarakeisissa biotiittirapakivissä ja sarvivälkerapakivissä löytyy hienorakeisia-karkearakeisia muunnoksia.

Rapakivien lujuteen ja kulutuskestävyyteen vaikuttavista mineraaleista tärkein on kvartsi, varsinkin hienorakeinen kvartsi, joka esiintyy sekä perusmassassa että sulkeumina ovoideissa. Hienorakeinen kvartsi ei ole yleinen porfyyrissä rapakivissä, mutta se on yleinen useissa biotiittirapakivissä, porfyryriapliiteissa ja varsinkin Jaalan-litin sarvivälkerapakivessä.

Kaikkien tutkittujen rapakivinäytteiden (77 kpl) lujusluokat on määritetty Los Angeles-, haurausarvo- ja hioutuvuuskokeiden avulla. Lisäksi osalle näytteitä on tehty pistekuormituskokeet. Näytteiden laatuluokat ja siten niiden soveltuvuus tienpäälystekiviaineeksi on määritetty ensisijaisesti kolmen ensiksi mainitun testin avulla. Kuitenkin näytteet, joista on tehty pistekuormituskoe, on myös laatuluokitettu hioutuvuus- ja pistekuormituskokeiden perusteella.

Kaikille tutkituille näytteille, jotka ovat laatuluokaltaan vähintään I-luokkaa, on yhteisenä piirteenä perusmassan hieno-pienirakeisuus, runsaan hienorakeisen kvartsin esiintyminen, sekä selväpiirteisen mikrorakoilun puuttuminen. Porfyyrisistä rapakivistä ainoastaan yksi viborgiittinäyte ja yksi tummaa viborgiittia oleva näyte ovat laatuluokaltaan I-luokkaa. Viborgiitin esiintymisalue on kuitenkin pinta-alaltaan liian pieni, jotta sitä kannattaisi hyödyntää tienpäälystekiviaineeksi. Sen sijaan I-laatuluokan tummaa viborgiittia olevaa kallioaluetta päästään hyödyntämään tulevana vuosina. Myöskään muiden rapakivityyppien osalta A - I-laatuluokan kallioesiintymiä ei ole kovin runsaasti.

Viipurin batoliitin alueella olevien valtateiden yhteispituus on 404 km, josta Kymen tiepiirin alueella on 342 km ja Uudenmaan tiepiirin alueella 62 km. Hyvin vilkasliikenteisiä teitä (yli 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa) on 32 km. Tämän liikennemäärän omaava tiestö vaatii päälystekiviaineeksi A-laatuluokan kiviaineksen, jota esiintyy Viipurin batoliitin alueella vain Jaalan-litin sarvivälkerapakivijuonen yhteydessä.

Vilkasliikenteisiä teitä (5001-10 000) on Viipurin batoliitin alueella 222 km. Tämän liikennemäärän omaava tiestö vaatii päälystekiviaineeksi vähintään I-laatuluokan kiviaineksen. Tämän laatuluokan omaavia, murskaukseen sopivia rapakivityyppejä löytyy jo useampia: sarvivälkerapakivi, porfyryriapliitti, tasarakeinen biotiittirapakivi, tumma viborgiitti ja tiriliitti. Tiedossa olevien A - I-laatuluokan kallioalueiden määrä, jotka myös taloudellisten- ja ympäristötekijöiden puolesta soveltuvat hyödynnettäväksi, ei ole kovin suuri, arviolta noin 20 kpl. Muiden, liikennemäärältään vähäisempien teiden (1000-5000 ajoneuvoa vuorokaudessa) päälystekiviaineeksi käy myös II-laatuluokan kiviaines. Viipurin batoliitin kallioakiviaineksesta kuitenkin alle 10 % on laatuluokaltaan vähintään II-laatuluokkaa.

8 KIRJALLISUUSLUETTELO

Alkio, R. & Vuorinen, J., 1989. Päällystekiviaineksen valintaan vaikuttavat tekijät. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, tie- ja liikennelaboratorio, tutkimusselostus 753.

Eerola, M. & Alkio, R., 1984. Kiviaineksen muodon vaikutus päällysteen ominaisuuksiin. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, tie- ja liikennelaboratorio, tutkimusselostus 449.

Eskola, P., 1930. On the disintegration of rapakivi. Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 92, 96-105.

Etelä-Karjalan seutukaavaliitto & Kymenlaakson seutukaavaliitto, 1990. Kiviaineksen laadun selvitys Kymen läänin suurimpien taajamien alueella. Etelä-Karjalan seutukaavaliiton julkaisu 4-90, 98 s.

Haapala, I., 1977a. Petrography and geochemistry of the Eurajoki stock, a rapakivi-granite complex with greisen-type mineralization in southwestern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 286, 128 p.

Haapala, I., 1977b. The controls of tin and related mineralizations in the rapakivi-granite areas of southeastern Fennoscandia. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 99, 130-142.

Höbeda, P., Chytla, J. & Viman, L., 1985. Ringanalys slipvärde. Väg och Trafikinstitut (VTI). Meddelande 472. Lindköping.

International Society for Rock Mechanics (ISRM), Commission on Testing Methods, 1985. Suggested method for determining point load strength. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 22, No 2, p. 51-60.

Kauranne, L.K., 1970a. Comparison of some methods used in the testing of road-surfacing aggregates. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos, tielaboratorio, tiedonantoja 3.

Kauranne, L.K., 1970b. On the abrasion and impact strength of gravel and rocks in Finland. Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 243, 64 p.

Kauranne, L.K., Gardemeister, R., Korpela, K. & Mälkki, E., 1972. Rakennusgeologia II, 304. Otapaino, Otaniemi.

Korhonen, K.-H., Gardemeister, R., Jääskeläinen, H., Niini, H., & Vähäsarja, P., 1974. Rakennusalan kallioluokitus. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, geotekninen laboratorio, tiedonanto 12.

Kymenlaakson seutukaavaliitto & Etelä-Karjalan seutukaavaliitto, 1989. Kymen läänin rakennuskivitutkimus. Kymenlaakson seutukaavaliiton julkaisu B:85, 112 s.

Lappalainen, K., 1987. Tienpäällystekiviaineiden kulutuskestävyydestä ja testaamiseen soveltuvista koemenetelmistä. Tie- ja vesirakennushallitus (TVH 743952). Valtion painatuskeskus. Helsinki.

Nieminen, P. & Uusinoka, R., 1986. Influence of the quality of fine fractions on engineering-geological properties of crushed aggregate. Bulletin of the International Association of Engineering Geology 33, 97-101.

Rämö, O.T., 1991. Petrogenesis of the Proterozoic rapakivi granites and related basic rocks of southeastern Fennoscandia: Nd and Pb isotopic and general geochemical constraints. Geological Survey of Finland, Bulletin 355, 161 p.

Rämö, O.T., Vaasjoki, M. & Huhma, H., 1989. Sm-Nd and Pb-Pb isotopic constraints on the origin of the rapakivi granites and associated tholeiitic dyke rocks in southern Finland. In I. Haapala & Y. Kähkönen (Editors), Symposium Precambrian granitoids abstracts. Geological Survey of Finland, Special Paper 8, 107-108.

Sahama, Th., 1945. On the chemistry of the east Fennoscandian rapakivi granites. Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 136, 15-67.

Salonsaari, P. & Haapala, I., 1991. The Jaala-litti rapakivi complex; an example of bimodal magmatism and hybridization in the Wiborg rapakivi batholith, Finland. In I. Haapala & O.T. Rämö (Editors), Symposium on Rapakivi granites and related rocks abstract volume. Geological Survey of Finland, Guide 34, 45.

Savolahti, A., 1962. The rapakivi problem and the rules of idiomorphism in minerals. Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 204, 33-112.

Sederholm, J.J., 1891. Ueber die finnländischen Rapakiwigesteine. Tschermak's Mineralogische und Petrographische Mittheilungen 12, 1-31.

Simonen, A. & Vormaa, A., 1969. Amphibole and biotite from rapakivi. Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 238, 28 p.

Skinner, B.J., 1966. Thermal expansion. In S.P. Clark (Editor), Handbook of physical constants. Geological Society of America Memoir 97, 75-96.

Tielaitos, Kymen tiepiiri, 1990. Liikenne 1990. Keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL-90).

Tielaitos, Uudenmaan tiepiiri, 1990. Liikenne 1990. Keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL-90).

Tielaitos, 1991a. Päällystystyöt (TIEL 2212802). 43 s.

Tielaitos, 1991b. Murskaustyöt (TIEL 2212809). 17 s.

Uusinoka, R., 1983. Rapautumisilmiöt kallioperässä. Rapautuminen kallioperässä. Symposium 9.11.1983. Rakennusgeologinen yhdistys, julkaisuja, v. 15:1, Tampereen teknillinen korkeakoulu, rakennusosasto, rakennusgeologia, Raportti 12, 28 s.

Uusinoka, R., 1988. Rapautumisen ja rapautumisalttiuden merkitys päällysteessä. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, tie- ja liikennelaboratorio, tutkimusselostus 641.

Uusinoka, R. & Nieminen, P., 1986. Mercury porosimetry in predicting the quality of rock aggregate in road base. Proc. 5th International IAEG Congress/ Buenos Aires, 1697-1701.

Uusinoka, R. & Nieminen, P., 1988. Frost shattering of rocks in the light of porosity. Proc. V International Congress. Permafrost, 872-875.

Uusinoka, R. & Peltonen, P., 1988. Murskeeksi valittavan kiviaineksen tutkimusmenetelmistä ja laatuvaatimuksista. Vuoriteollisuus 46: 102-105.

Uusinoka, R., Ihalainen, P. & Peltonen, P., 1990. Petrographic and textural analyses of crystalline silicate aggregate for road pavement subjected to wear by studded tires. In Price, D.G. (Editor), Sixth International Congress International Association of Engineering Geology, 6-10 August 1990 Amsterdam, 3131-3135.

Vaasjoki, M., 1977. Rapakivi granites and other postorogenic rocks in Finland; Their age and the lead isotopic composition of certain associated galena mineralizations. Geological Survey of Finland, Bulletin 294, 64 p.

Vallius, P., 1989. Tien päällystekiviaineeksi soveltuvien kallioalueiden etsintä ja näytteenotto sekä kiviaineksen kulutuskestävyys. Julkaisematon sivulaudaturtutkielma. Geologian laitos, Helsingin yliopisto. 31 s.

Vallius, P., 1991. The suitability of the different rapakivi types from the Wiborg rapakivi batholith to asphalt concrete pavements. In I. Haapala & O.T. Rämö (Editors), Symposium on Rapakivi granites and related rocks abstract volume. Geological Survey of Finland, Guide 34, 55.

Vallius, P., 1992. Viipurin batoliitin eri rapakivityyppien soveltuvuus tienpäällystekiviaineeksi. Julkaisematon lisensiaatintutkimus. Geologian laitos, Helsingin yliopisto. 102 s.

Vorma, A., 1971. Alkali feldspars of the Wiborg rapakivi massif in southeastern Finland. Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 246, 72 p.

Vorma, A., 1972. On the contact aureole of the Wiborg rapakivi granite massif in southeastern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 255, 28 p.

Vorma, A., 1975. On two roof pendants in the Wiborg rapakivi massif, southeastern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 272, 86 p.

Vuorinen, A., Mantere-Alhonen, S., Uusinoka, R. & Alhonen, P., 1981. Bacterial weathering of rapakivi granite. *Geomicrobiology Journal* 2:4, 317-325.

Wahl, W., 1925. Die Gesteine des Wiborger Rapakiwgebietes. *Fennia* 45, 127 p.

Tutkimusalueelta ilmestyneet 1:100 000 ja 1:400 000 -mittakaavaiset kallioperäkartat ja niiden selitykset:

Frosterus, B., 1900. Suomen geologinen yleiskartta, Vuorilajikartta 1:400 000, lehti C2 Mikkeli. Geologinen toimisto, Helsinki.

Hackman, V. & Berghell, H., 1931. Suomen geologinen yleiskartta, Kivilajikartta 1:400 000, lehti D2 Savonlinna. Geologinen toimikunta, Helsinki.

Härme, M., 1980a. Suomen geologinen yleiskartta, kivilajikartta 1:400 000, lehdet C1-D1 Helsinki. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Härme, M., 1980b. Kivilajikartan selitys, Suomen geologinen yleiskartta, lehti C1-D1. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Laitakari, I. & Simonen, A., 1962. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3022 Lapinjärvi. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Laitakari, I. & Simonen, A., 1963. Kallioperäkarttojen selitykset, Suomen geologinen kartta 1:100 000, lehti 3022 Lapinjärvi. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Laitala, M., 1964. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3021 Porvoo. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Laitala, M., 1984. Kallioperäkarttojen selitykset, Suomen geologinen kartta 1:100 000, lehti 3021 Porvoo. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.

Lehijärvi, M., 1964. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3111 Lahti. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Lehijärvi, M. & Tyrväinen, A., 1969. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3114 Vuohijärvi. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Meriläinen, K., 1966. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 4112+4111 Imatra. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Simonen, A., 1965. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3024 Karhula. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Simonen, A., 1973. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3042 Hamina. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Simonen, A., 1975. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3131 Luumäki. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Simonen, A., 1979a. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3044 Vaalimaa. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Simonen, A., 1979b. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3133 Ylämaa. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Simonen, A., 1987. Kallioperäkarttojen selitykset, Suomen geologinen kartta 1:100 000, lehdet 3023+3014, 3024, 3041, 3042, 3044, 3113, 3131, 3133, Kaakkois-Suomen rapakivimassiivin kartta-alueiden kallioperä. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.

Simonen, A. & Lehijärvi, M., 1963. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3113 Kouvola. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Simonen, A. & Tyrväinen, A., 1965. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3132 Savitaipale. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Simonen, A. & Laitala, M., 1970. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3023+3014 Kotka. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Simonen, A. & Laitala, M., 1972. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3041 Haapasaari. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Simonen, A. & Tyrväinen, A., 1981. Kallioperäkarttojen selitykset, Suomen geologinen kartta 1:100 000, lehti 3132 Savitaipale. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Tyrväinen, A., 1986. Kallioperäkarttojen selitykset, Suomen geologinen kartta 1:100 000, lehti 3114 Vuohijärvi. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.

Vorma, A., 1964. Suomen geologinen kartta, kallioperäkartta 1:100 000, lehti 3134 Lappeenranta. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

Vorma, A., 1965. Kallioperäkarttojen selitykset, Suomen geologinen kartta 1:100 000, lehti 3134 Lappeenranta. Geologinen tutkimuslaitos, Espoo.

TAULUKOSSA 5 MAINITUT PÄÄLLYSTETYYBIT JA NIIDEN KÄYTTÖALUE (TIELAITOS 1991A)

Asfalttibetoni (AB, ABE, SMA): Asfalttibetonia käytetään sekä kulutuserroksena että sen alustana olevana kerroksena. Maksimiraekoon mukaan erotetaan neljä asfalttibetonilajia: AB 12, AB 16, AB 20 ja AB 25, kaksi epäjatkovaa asfalttibetonilajia: ABE 16 ja ABE 20, sekä kuituasfalttibetoni SMA 16. Asfalttibetoni voidaan rakentaa sekä sileäpintaisena että karkeapintaisena. Sileäpintaist asfalttibetonit sisältävät enemmän täytejauhetta ja hiekkaa kuin karkeapintaist. Ajoratapäälysteiksi tehtävät sileäpintaist ja hienorakeist asfalttibetonit voidaan karkeuttaa kitkaominaisuuksien ja kulutuskestävyyden parantamiseksi. Asfalttibetonit AB 12 ja AB 16 sopivat käytettäväksi tasaus-, pinta- ja paikkausmassana, sekä jalkakäytävä- ja pyörätiepäälysteenä. Vilkasliikenteisillä teillä käytetään kulutuserroksena asfalttibetonia AB 25, epäjatkovaa asfalttibetonia ABE 16, ABE 20, tai kuituasfalttibetonia SMA 16. Muilla ajoradoilla käytetään kulutuserroksena asfalttibetonia AB 16 tai AB 20.

Valuasfaltti (VA): Valuasfalttia käytetään ensisijaisesti siltojen kulutuserroksena. Ajoratapäälysteeksi tehtävä valuasfaltti on aina karkeutettava. Valuasfalttia käytetään myös päälysteiden kunnossapitotöissä reikien, kuoppien ja raiteiden paikkaukseen.

Sirotepinta- (SIP): Sirotepintauksella tarkoitetaan päälysteen pinnalle sideaineella liimattua ohutta sirotekerrosta. Sen tarkoituksena on parantaa päälysteen kestävyttä, kitkaominaisuuksia ja vaaleata kiviainesta käytettäessä myös valonheijastusominaisuuksia. Siroteena käytettävän kiviaineksen tulee olla puhdasta, tasarakeista ja muodoltaan kuutiomaista. Likaisen kiviaineksen käyttö aiheuttaa kivien irtoamisen ja siten liukkaiden kohtien muodostumisen.

Karkeutus: Sileäpintaist ja hienorakeist ajoradoille tehtävät asfalttibetonipäälysteet voidaan karkeuttaa kitkan parantamiseksi. Karkeutukseen käytetään bitumoitua sepeliä 12-16 mm, 16-20 mm tai 20-25 mm. Karkeutussirote on jyrättävä päälysteeseen sen vielä ollessa riittävän kuuma. Jyräyksen jälkeen on irtoainekset poistettava päälysteestä.

Kevytasfalttibetoni (KAB): Kevytasfalttibetonia käytetään kulutuserroksena kevyen liikenteen väylillä, erillisenä piennarpäälysteenä sekä ajoratapäälysteenä sellaisilla teillä, joiden liikennemäärä on 500-2500 ajoneuvoa/vrk. Maksimiraekoon mukaan erotetaan kolme kevytasfalttibetonilajia: KAB 12, KAB 16 ja KAB 20.

Öljysora (ÖS): Öljysoraa käytetään päälysteenä teillä, joilla liikennemäärä (KVL) on enintään 1000 ajoneuvoa/vrk, sekä vanhojen öljysorateiden pintauksiin ja paikkausmassana. Kiviaineksenä käytetään vähän hienoainesta sisältävää murskesoraa tai sepeliä.

Bitumisora (BS): Bitumisoraa käytetään kantavan kerroksen yläosan rakentamiseen. Massa on tehtävä rakeisuudeltaan tasalaatuiseksi. Tarvittaessa ja käytettäessä bitumisoraa tilapäisenä kulutuskerroksena lisätään täytejauhetta.

Tasausmassa (TAS): Tasausmassaa käytetään alustavirheiden korjaamiseen ja rakenteen vahvistamiseen. Alusta tasataan tasausmassalla, jonka maksimiraekoko on 8-12 mm. Vahvoissa tasauskerroksissa on deformaation välttämiseksi käytettävä karkeampia massoja. Sidotusta päällysteen alustasta tasataan raiteet ja lyhyet, syvyydeltään alle 10 cm epätasaisuudet yleensä aina tasausmassalla.

Soratien pintausta (SOP): Soratien pintausta tarkoitetaan sitomattomalle alustalle sideaineella liimattua ohutta murske- tai sirotekerrosta. Pintausta on soratien tavanomaisen kesäkunnossapidon vaihtoehtona käytettävä pinnan sitomismenetelmä teillä, joilla liikennemäärät (KVL) ovat alle 500 ajoneuvoa/vrk. Erityisesti soratien pintausta soveltuu sellaisille rakennetuille sorateille, joilla esiintyy runsasta pölyämistä.

TIELAITOKSEN TUTKIMUKSIA

- 1/1991 Keli- ja sääolosuhteiden vaikutus yleisten teiden onnettomuuksiin.
TIEL 3100001
- 1/1992 Suomen matkailutiet. TIEL3100002
- 2/1992 Pääteiden tasoliittymissä tehtyjen toimenpiteiden vaikutukset
onnettomuuksiin. TIEL 3100003